

С. П. Мохов, В. А. Демидов, В. А. Симанович

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН

**Учебно-методическое пособие для студентов
специальностей 1-36 05 01 «Машины
и оборудование лесной промышленности»
и 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело»**

Минск БГТУ 2006

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

С. П. Мохов, В. А. Демидов, В. А. Симанович

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН

**Учебно-методическое пособие для студентов
специальностей 1-36 05 01 «Машины
и оборудование лесной промышленности»
и 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело»**

Минск 2006

УДК 630*36.621.892(075.8)

ББК 43.904я73

М 86

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом университета

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *М. А. Солонский*;

кандидат технических наук *Н. И. Юруц*

Мохов, С. П.

М 86 Технические жидкости для специальных лесных машин : учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесной промышленности» и 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело» / С. П. Мохов, В. А. Демидов, В. А. Симанович. – Минск : БГТУ, 2006. – 66 с.

ISBN 985-434-686-2

В учебно-методическом пособии изложены основные характеристики и особенности применения технических жидкостей в различных режимах работы лесных машин.

Предназначено для студентов специальностей 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесной промышленности» и 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело».

УДК 630*36.621.892(075.8)

ББК 43.904я73

ISBN 985-434-686-2

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2006

ВВЕДЕНИЕ

Разнообразие машин общего и специального назначения, выпускаемых в настоящее время, обусловлено расширением перечня трудоемких операций, которые необходимо механизировать и автоматизировать. Таких трудоемких операций, как погрузка сыпучих материалов и длинномерных грузов, их транспортировка на большие расстояния, распределение по погрузочной площадке при выгрузке и др. Перечисленные виды переместительных операций связаны с созданием механизмов преимущественно механического действия, в которых в качестве рабочего тела применяются технические жидкости различного предназначения.

Лесная промышленность Республики Беларусь является крупным потребителем технических жидкостей различного назначения. Специализированная техника, работающая в лесных условиях, оснащена манипуляторами, телескопическими стрелами, поворотными механизмами, захватными приспособлениями и другими устройствами, которые преимущественно приводятся от гидравлической системы базовой машины.

Назначение технических жидкостей для базовой лесной машины разнообразно. Это отвод тепла от поверхностей нагрева двигателя, повышение усилия при срабатывании тормозного привода, снижение динамических нагрузок от внешних источников возмущения при перемещении. Технические жидкости применяются в гидравлических системах механических и автоматических коробок передач, навесного оборудования, кислотных аккумуляторных батареях.

Изучение эксплуатационных качеств технических жидкостей для машин общего и специального назначения позволит будущим специалистам в дальнейшей работе не только правильно их применять и своевременно производить технические воздействия по поддержанию необходимого состояния систем машин, но и с учетом конструктивных изменений приспосабливаться к создавшимся эксплуатационным условиям. Знание эксплуатационных особенностей технических жидкостей позволит правильно и своевременно применять их по назначению с учетом периодичности замены и технических воздействий в системах и механизмах машин, что в конечном итоге отразится на основных показателях надежности.

Пособие содержит шесть разделов, в которых приведено назначение, состав и эксплуатационные качества технических жидкостей.

1. РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1.1. Эксплуатационные свойства

Основная функция рабочих жидкостей для гидравлических систем состоит в передаче механической энергии от ее источника к исполнительному агрегату, т. е. в гидроприводе они являются энергоносителями, при помощи которых устанавливается связь между насосом, гидродвигателем и другими элементами. При этом гидравлический привод не может действовать без жидкой рабочей среды, являющейся необходимым конструкционным элементом любой гидравлической системы. Помимо этого, рабочие жидкости обеспечивают охлаждение трущихся частей, отвод от них избыточного тепла и продуктов износа, а также хорошие условия смазки подвижных элементов гидроагрегатов. При работе гидропривода на трущихся поверхностях создается пленка жидкости, исключая прямой контакт скользящих пар и имеющая прочность, достаточную для того, чтобы противодействовать высокому давлению.

В качестве рабочих в гидроприводах лесных машин применяют специальные жидкости, правильный выбор которых, соблюдение установленных правил их эксплуатации, транспортировки и хранения во многом определяют работоспособность, надежность и долговечность техники. Качества рабочих жидкостей определяются их эксплуатационными свойствами.

Вязкостные и низкотемпературные свойства определяют температурный диапазон эксплуатации гидросистем и оказывают решающее влияние на выходные характеристики гидропривода. Для быстрого срабатывания гидроузла вязкость масла не должна быть высокой, однако иметь достаточный уровень для обеспечения плавности хода и предотвращения износа. Температура застывания его должна быть ниже на 5–10 градусов температуры окружающего воздуха в начальный период работы гидравлической системы.

При выборе вязкости гидравлического масла важно знать тип насоса. Изготовители насоса, как правило, рекомендуют для него пределы вязкости масла: максимальный, минимальный и оптимальный. Максимальная – это наибольшая вязкость, при которой насос в состоянии прокачивать масло. Она зависит от мощности насоса, диаметра и протяженности трубопровода. Минимальная – это самая низкая

вязкость, при которой не наступает разрыв масляной пленки, т. е. утончение последней до критической точки, когда металлические поверхности начинают соприкасаться друг с другом, что ускоряет износ и происходит «потеря (разрыв) масляного клина». Под минимальной понимается та вязкость при рабочей температуре, при которой гидросистема работает достаточно надежно. Оптимальная вязкость масла должна быть максимально низкой во избежание кавитации и соответствующего гидравлического сопротивления, но при этом достаточно высокой для обеспечения смазки гидронасоса. Если вязкость уменьшается ниже допустимой, растут объемные потери (утечки) в насосе и клапанах, соответственно падает мощность и ухудшаются условия смазывания. Пониженная вязкость гидравлического масла вызывает наиболее интенсивное проявление усталостных видов изнашивания контактирующих деталей гидросистемы. Повышенная вязкость значительно увеличивает механические потери привода, затрудняет относительное перемещение деталей насоса и клапанов, делает невозможной работу гидросистем в условиях пониженных температур.

В практике для характеристики вязкости рабочих жидкостей широко используется кинематический коэффициент вязкости (кинематическая вязкость). Ее единицей измерения является $\text{м}^2/\text{с}$, однако чаще пользуются сантистоксами, что соответствует $1 \text{ мм}^2/\text{с}$. Вязкость масла непосредственно связана с температурой кипения масляной фракции, ее средней молекулярной массой, с групповым химическим составом и строением углеводов. Указанными факторами определяется абсолютная вязкость масла, а также его вязкостно-температурные свойства, т. е. изменение с изменением температуры. Последнее характеризуется *индексом вязкости* масла.

Для улучшения вязкостно-температурных свойств применяют вязкостные (загущающие) присадки – полимерные соединения. В составе товарных гидравлических масел в качестве загущающих присадок используют полиметакрилаты, полиизобутелены и продукты полимеризации винил-бутилового эфира (винипол).

Сжимаемость жидкости отрицательно влияет на работу гидропривода, так как на сжатие необратимо затрачивается энергия. Сжимаемость понижает жесткость гидропривода, может явиться причиной возникновения автоколебаний в гидросистеме, создает запаздывание в срабатывании гидроаппаратуры. Тем не менее в отдельных случаях сжимаемость рабочих жидкостей полезно используют в специальных механизмах или устройствах, представляющих собой гидравлические

амортизаторы. Сжимаемость жидкости зависит от температуры и давления. Однако в диапазоне температур и давлений, при которых эксплуатируются гидроприводы машин лесной промышленности (t до 80 °С, p до 20 МПа), сжимаемость изменяется незначительно, и этим изменением в практических расчетах пренебрегают. Значение модуля объемной упругости для рабочих жидкостей, применяемых в промышленных гидроприводах, находится в пределах от 1320 до 1720 МПа.

Растворимость газов характеризует способность рабочих жидкостей растворять в себе воздух. Растворимость газов зависит от давления, температуры, а также от вида рабочей жидкости и газа. При постоянной температуре с увеличением давления пропорционально увеличивается и объем растворенного газа. При нормальных условиях в рабочих жидкостях на минеральной основе содержится растворенного воздуха в объеме, достигающем 10% объема рабочей жидкости. Растворимость воздуха уменьшается с увеличением плотности и вязкости жидкостей. Интенсивность насыщения жидкостей воздухом зависит от поверхности раздела, приходящейся на единицу объема, а также от состояния этой поверхности раздела. С увеличением поверхности раздела и при интенсивном перемешивании жидкости время насыщения рабочей жидкости воздухом резко сокращается.

Будучи в растворенном (дисперсном) состоянии, воздух не оказывает заметного влияния на физические свойства рабочих жидкостей. Наблюдается лишь незначительное уменьшение вязкости. Однако если рабочая жидкость имеет высокую температуру, растворенный воздух интенсифицирует процесс ее окисления; при падении давления на каком-либо участке гидросистемы воздух, выделяясь из рабочей жидкости и оставаясь во взвешенном состоянии, уменьшает прочность пленки и смазывающую способность рабочей жидкости.

Химическая стойкость характеризует антиокислительную стабильность и способность рабочих жидкостей сохранять свои первоначальные свойства при эксплуатации, хранении и транспортировке. При эксплуатации гидроприводов рабочая жидкость соприкасается с поверхностями баков, трубопроводов и гидроаппаратуры, подвергается воздействию высоких температур и давлений, вступает в реакцию с кислородом воздуха, в связи с чем происходит окисление рабочих жидкостей, сопровождающееся выпадением из них смол и шламов; отложением на поверхностях элементов гидропривода тонкого твердого налета (лаковой пленки); понижением вязкости и смазывающей

способности жидкости; изменением цвета. Продукты окисления, обладая кислотными свойствами, вызывают коррозию металлов и уменьшают надежность гидроаппаратуры. Лаковая пленка, образующаяся на подвижных элементах гидроагрегатов, может привести к преждевременному разрушению уплотнений и к разгерметизации гидросистемы; может вызвать зарастивание дросселирующих отверстий и заклинивание плунжерных пар; уменьшение скорости движения рабочих органов машины. При образовании лаковой пленки чаще других выходят из строя насосы и гидродвигатели. Уменьшение вязкости, вызванное окислением, приводит к увеличению утечек и к уменьшению прочности пленки рабочей жидкости. Интенсивность окисления повышается с увеличением температуры жидкости на поверхности ее контакта с воздухом, с увеличением содержания в жидкости растворенного воздуха, механических примесей и воды. На окисляемость оказывают влияние и некоторые конструкционные материалы, с которыми рабочая жидкость соприкасается. В гидросистемах с медными трубами окисление жидкости в одних и тех же условиях происходит быстрее, чем в гидросистемах с трубами из стали.

Повышения антиокислительных свойств гидравлических масел достигают путем введения дополнительных присадок, обычно фенольного и аминного типов.

Окисляемость рабочих жидкостей характеризуется кислотным числом, которым называется количество гидрата окиси калия (KOH) в миллиграммах, необходимым для нейтрализации кислот в одном грамме жидкости. Рабочие жидкости для гидроприводов в состоянии поставки имеют кислотное число, равное 0,02–0,2 мг KOH. При эксплуатации гидроприводов кислотное число увеличивается. Нормальным показателем эксплуатации рабочей жидкости является кислотное число меньше 1 мг. Эксплуатация гидросистем с жидкостями, имеющими кислотное число больше 2, может привести к повреждениям гидроагрегатов. Высокое кислотное число является следствием недостаточной очистки рабочей жидкости. Поэтому во многом химическая стойкость определяется качеством очистки рабочих жидкостей.

В гидросистемах машин и механизмов присутствуют детали из разных металлов: разных марок стали, алюминия, бронзы, которые могут подвергаться *коррозионно-химическому изнашиванию*. Коррозия металлов может быть электрохимической, возникающей обычно в присутствии воды, и химической, протекающей под воздействием химически агрессивных сред (кислых соединений, образующихся в про-

цессе окисления масла) и под воздействием химически активных продуктов расщепления присадок при повышенных контактных температурах поверхностей трения. Устранению коррозии металлов способствуют вводимые в масло присадки-ингибиторы окисления, препятствующие образованию кислых соединений, и специальные антикоррозионные добавки.

Механическая стойкость характеризуется стабильностью вязкости и смазывающей способности рабочих жидкостей при воздействии на них высоких давлений. При многократном воздействии на жидкость высокого давления ее вязкость уменьшается, а смазывающая способность ухудшается. Это объясняется происходящими в жидкости молекулярно-структурными изменениями и разложением вязкостных присадок (деструкцией); причем эти изменения необратимы. Ввиду этого установлены нормы допустимого изменения вязкости рабочих жидкостей. Для гидроприводов это изменение допускается в пределах 25–50% от первоначального значения (в зависимости от назначения гидропривода). Для увеличения стойкости рабочих жидкостей к ним добавляют специальные противоизносные и антифрикционные присадки.

Совместимость жидкостей с конструкционными материалами и особенно с материалами уплотнений имеет очень большое значение. Поэтому к гидравлическим маслам предъявляют достаточно жесткие требования по нейтральности их по отношению к длительно контактирующим с ними материалам. Учитывая, что рабочие температуры масла в современных гидропередачах достаточно высоки и резиновые уплотнения могут быстро разрушаться, в гидравлических маслах недопустимо высокое содержание ароматических углеводородов, проявляющих наибольшую агрессивность по отношению к резинам. Содержание ароматических углеводородов характеризуется показателем «анилиновая точка» базового масла. *Анилиновая точка* – критическая температура растворения углеводородов или смеси углеводородов в анилине, выше которой указанные компоненты образуют гомогенный раствор. Углеводороды разных классов сильно отличаются друг от друга по анилиновой точке. Наиболее низкие анилиновые точки у ароматических углеводородов, наиболее высокие у парафиновых; нафтеновые и олефиновые занимают промежуточное положение.

Рабочие жидкости на нефтяной основе совместимы со всеми металлами, применяемыми в гидромашиностроении, и плохо совместимы с уплотнениями, изготовленными из синтетической резины и из

кожи. Синтетические рабочие жидкости плохо совмещаются с некоторыми конструкционными материалами и несовместимы с уплотнениями из маслостойкой резины.

Пенообразование недопустимо при работе циркулирующих рабочих жидкостей гидравлических систем. При падении давления на каком-либо участке гидросистемы (например, при увеличении сопротивления во всасывающей гидролинии насоса, при протекании жидкости через местные сопротивления с большой скоростью и т. д.) воздух выделяется из рабочей жидкости и остается в ней во взвешенном состоянии в виде мелких пузырьков. Выделение воздуха может происходить столь быстро, что образуется устойчивая масловоздушная смесь – пена. Пенообразование нарушает подачу масла к узлу трения и, насыщая масло воздухом, интенсифицирует его окисление, ухудшая отвод тепла от рабочих поверхностей, вызывает кавитационные повреждения деталей, перегрев гидропривода и его повышенный износ. Выделяющийся из рабочей жидкости воздух и образующаяся пена служат причиной снижения подачи насосов, вызывают неравномерность движения рабочих органов машин, приводят к снижению жесткости гидропривода и к возникновению автоколебаний в гидросистеме, а также к запаздыванию срабатывания гидроаппаратуры.

Стойкость пены зависит от типа рабочей жидкости, ее вязкости и температуры, от размеров пузырьков и от конструкционных материалов, с которыми соприкасается жидкость. Минеральные масла, применяемые в гидроприводах лесных машин, дают стойкую пену. При этом большую склонность к пенообразованию проявляют жидкости, сильно загрязненные и длительное время находящиеся в эксплуатации. С увеличением температуры и уменьшением вязкости стойкость пены уменьшается, а при $t > 70^\circ\text{C}$ происходит быстрый распад пены. На интенсивность пенообразования оказывает влияние содержащаяся в рабочей жидкости влага: даже при ничтожном количестве влаги (менее 0,1% по весу рабочей жидкости) возникает устойчивая пена.

Для снижения пенообразующей способности рабочих жидкостей в них вводят противопенные присадки (силиконы, полиметилсилоксаны и др.). При эксплуатации гидроприводов нужно устранять причины, способствующие увеличению растворимости воздуха и образованию пены. С этой целью необходимо исключать попадание в рабочую жидкость влаги, технологических жидкостей и пыли; не допускать создания избыточного давления в гидробаках, применяя для этого воздушные фильтры (сапуны); следить за уровнем рабочей жид-

кости в гидробаках, не допуская слива жидкости в виде незатопленной струи; своевременно производить обслуживание фильтров и смену рабочей жидкости.

1.2. Общая характеристика и классификация рабочих жидкостей

В гидроприводах в качестве рабочих жидкостей применяют водомасляные эмульсии, синтетические жидкости, рабочие жидкости на нефтяной основе (товарные минеральные масла). Тип рабочей жидкости определяется назначением, степенью надежности и условиями эксплуатации гидроприводов.

Водомасляные эмульсии представляют собой смеси воды и минерального масла в различных соотношениях. Минеральные масла в составе эмульсии служат для уменьшения коррозионности и увеличения смазывающей способности. Эмульсии применяют в гидроприводах машин, работающих в пожароопасных условиях, и в машинах, где требуется большое количество рабочей жидкости. Эмульсии обычно совместимы со всеми конструкционными материалами и материалами уплотнителей. Долговечность эмульсий близка к долговечности лучших сортов минеральных масел. Недостаток эмульсий – плохая смазывающая способность, а их применение ограничивается отрицательными температурами и температурой, не превышающей 60°C. Согласно международным стандартам, имеются следующие классы негорючих гидравлических жидкостей: *HFA*, *HFB* – водомасляные эмульсии; *HFC* – водо-глинолевые жидкости; *HFD* – эфиры фосфорной кислоты.

Смеси различных сортов минеральных масел, а также смеси масел с керосином, глицерином применяют для получения рабочих жидкостей с требуемой вязкостью.

Синтетические жидкости – это жидкости на кремнийорганической основе (силиконы), на основе хлор- и фторуглеродных соединений, полифеноловых эфиров, неопентиловые и др. Эти жидкости негорючи, стойки к окислению, имеют низкую температуру застывания, обладают стабильностью вязкостных характеристик в течение длительного срока работы и в широком диапазоне температур. Однако каждая из синтетических жидкостей обладает тем или иным недостатком (несовместимостью с уплотнениями из синтетической и натуральной резины, высокой текучестью, плохой смазывающей способ-

ностью, токсичностью). Кроме того, все они имеют достаточно высокую стоимость. Сейчас синтетические жидкости применяются в машинах, работающих в очень тяжелых температурных режимах в контакте с окислителями, при высоких давлениях. Однако в перспективе синтетические жидкости найдут применение в гидроприводах лесных машин.

Рабочие жидкости на нефтяной основе получают из минеральных масел с добавлением к ним присадок, улучшающих их физические свойства. Присадки добавляют в небольших количествах (0,05–10%); одни присадки могут изменять лишь одно физическое свойство, другие могут быть многофункциональными и влиять сразу на несколько физических свойств минеральных масел. Применяют антиокислительные, вязкостные, противоизносные, антипенные, снижающие температуру застывания жидкости и антикоррозионные присадки.

Принятая в мире классификация минеральных гидравлических масел основана на их вязкости и наличии присадок, обеспечивающих необходимый уровень эксплуатационных свойств. В соответствии со стандартом, обозначение гидравлических масел состоит из трех групп знаков, первая из которых обозначается буквами «МГ» (минеральное гидравлическое), вторая – цифрами и характеризует класс кинематической вязкости, третья – буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам. По ГОСТ 17479–85 (аналогично международному стандарту *ISO 3448*) гидравлические масла по значению вязкости при 40 °С делятся на 10 классов, они приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Классы вязкости гидравлических масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с
5	4,14–5,06	32	28,80–35,20
7	6,12–7,48	46	41,40–50,60
10	9,0–11,00	68	61,20–74,80
15	13,50–16,50	100	90,00–110,00
22	19,80–24,20	150	135,00–165,00

По вязкостным свойствам гидравлические масла условно делятся на следующие: маловязкие – классы вязкости с 5 по 15; средневязкие – классы вязкости с 22 по 32; вязкие – классы вязкости с 46 по 150.

В зависимости от эксплуатационных свойств и состава (наличия соответствующих функциональных присадок) гидравлические масла делят на группы А, Б и В.

Группа А (группа *HH* по *ISO*, *H* по *DIN 51524*) – нефтяные масла без присадок, применяемые в малонагруженных гидросистемах с шестеренными или поршневыми насосами, работающими при давлении до 15 МПа и максимальной температуре масла в объеме до 80 °С.

Группа Б (группа *HL* по *ISO* и *DIN 51524*) – масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками. Предназначены для средненапряженных гидросистем с различными насосами, работающими при давлениях до 2,5 МПа и температуре масла в объеме свыше 80 °С.

Группа В (группа *HM* по *ISO*, *HLP* по *DIN 51524*) – хорошо очищенные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками. Предназначены для гидросистем, работающих при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме свыше 90 °С.

В масла всех указанных групп могут быть введены загущающие (вязкостные) и антипенные присадки. Загущенные вязкостными полимерными присадками гидравлические масла соответствуют группе *HV* по *ISO* или *HLP-V* по *DIN 51524*.

В соответствии с классификацией, в табл. 1.2 приведено обозначение гидравлических масел существующего ассортимента.

Таблица 1.2. Обозначение товарных гидравлических масел

Обозначение масла по ГОСТ17479.3–85	Товарная марка	Обозначение масла по ГОСТ17479.3–85	Товарная марка
МГ-5-Б	МГЕ-4А, ЛЗ-МГ-2	МГ-22-В	«Р»
МГ-7-Б	МГ-7-Б, РМ	МГ-32-А	«ЭШ»
МГ-10-Б	МГ-10-Б, РМЦ	МГ-32-В	«А», МГТ
МГ-15-Б	АМГ-10	МГ-746-БВ	МГЕ-46В
МГ-15-В	МГЕ-10А, ВМГЗ	МГ-68-В	МГ-8А-(М8-А)
МГ-22-БА	АУ	МГ-100-Б	ГЖД-14с
МГ-22-Б	АУП		

В таблицу, кроме чисто гидравлических масел, включены масла марок «А», «Р», МГТ, отнесенные к категории трансмиссионных масел для гидромеханических передач. Однако благодаря высокому индексу вязкости, хорошим низкотемпературным и эксплуатационным свойствам и из-за отсутствия гидравлических масел такого уровня

вязкости они также используются в гидрообъемных передачах и гидросистемах навесного оборудования наземной техники.

1.3. Выбор и эксплуатация рабочих жидкостей

Выбор рабочих жидкостей для гидроприводов машин определяется диапазоном рабочих температур, давлением в гидросистеме, скоростями движения выходных звеньев гидродвигателей, конструктивными материалами и материалами уплотнений, особенностями эксплуатации гидросистемы, условиями хранения машин.

Рабочую жидкость выбирают по вязкости и прежде всего исходя из условий работы насосов. При этом учитывают диапазон изменения температуры рабочей жидкости при эксплуатации гидропривода, а также изменение зазоров между деталями насосов, вызванное их износом. Минимальная вязкость рабочей жидкости, соответствующая максимальной температуре, устанавливается по допустимым объемным потерям прочности пленки жидкости.

Максимальная вязкость рабочей жидкости, соответствующая минимальной температуре, устанавливается по работоспособности насоса, характеризующейся заполнением его рабочих камер или пределом прокачиваемости жидкости насосом. Именно несоответствие предельного значения вязкости рабочей жидкости окружающей температуре воздуха приводит к возникновению «сухого» трения подвижных частей насоса, кавитации, интенсивному износу и, как следствие, к выходу насоса из строя.

Оптимальная вязкость рабочей жидкости, при которой обеспечиваются высокие эксплуатационные показатели, лежит между минимальным и максимальным значениями вязкости. Исходя из опыта эксплуатации, оптимальную вязкость принимают для шестеренных насосов $20 \text{ мм}^2/\text{с}$, для пластинчатых $25 \text{ мм}^2/\text{с}$, аксиально-поршневых $30 \text{ мм}^2/\text{с}$. Установив для конкретного гидропривода условия его работы в определенном интервале температур и значения минимальной, максимальной и оптимальной вязкости, осуществляют подбор соответствующей марки рабочей жидкости.

Выбор рабочей жидкости также зависит от таких важных показателей, как рабочее давление и скорость движения выходного звена гидродвигателя. При этом рекомендуется при высоких давлениях применять рабочую жидкость повышенной, а при более низких – пониженной вязкости.

Из приведенных в табл. 1.2 могут быть рекомендованы следующие рабочие жидкости для гидроприводов лесных машин.

Рабочая жидкость АМГ-10 предназначена для гидросистем авиационной и мобильной техники, работающей в интервале температур окружающей среды от -60 до $+55$ °С. Вырабатывается на основе глубокодеароматизированной низкозастывающей фракции, получаемой из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых нефтей и состоящей из нафтеновых и изопарафиновых углеводородов. Содержит загущающую и антиокислительную присадки, а также специальный отличительный органический краситель.

Рабочую жидкость ВМГЗ получают путем смешения маловязкой минеральной основы с загущающими антиокислительной, противоизносной, противокоррозийной и антипенной присадками. Она применяется всесезонно в гидроприводах дорожно-строительных, подъемно-транспортных, лесных и других мобильных машин. Хорошо совмещается со всеми металлами и уплотнительными устройствами. Допускаемый диапазон изменения рабочих температур у этой жидкости составляет $-55...+55$ °С. Кратковременно допускается повышение температуры до 90 °С.

Гидравлическое веретенное масло АУ получают из малосернистых и сернистых парафинистых нефтей с использованием процессов глубокой селективной очистки фенолом и глубокой депарафинизации. Содержит антиокислительную присадку. Масло обеспечивает работу гидроприводов в диапазоне температур от -30 до $+100$ °С.

Добавлением в данное масло антиокислительной и антикоррозионной присадок получают масло АУП, предназначенное для гидрообъемных передач специальной, в том числе и лесной техники.

Гидравлическое масло МГЕ-46В предназначено для гидрообъемных передач, и его вырабатывают на базе промышленных масел с антиокислительной, противоизносной, депрессорной и антипенной присадками. Масло обладает высокой стабильностью эксплуатационных (вязкостных, противоизносных, антиокислительных) свойств, не агрессивно по отношению к материалам, применяемым в гидроприводе. Предназначено для гидравлических систем (гидростатического привода) лесной и другой техники, работающей при давлении до 35 МПа с кратковременным повышением до 42 МПа. Работоспособно в диапазоне температур от -10 до $+80$ °С и рекомендуется для работы в гидроприводах с аксиально-поршневыми машинами.

Масло МГ-8А представляет собой смесь дистиллятного и оста-

точного компонентов с добавлением депрессорной, антипенной и многокомпонентной (улучшающей антиокислительные, антикоррозионные и диспергирующие характеристики) присадок. Обладает достаточно высоким уровнем противоизносных свойств. Применяют в гидравлических системах навесного оборудования и рулевого управления тракторов, мобильных машин и самосвальных автомобилей.

При эксплуатации гидроприводов нужно создавать такие условия, при которых рабочая жидкость возможно дольше сохраняла бы свои первоначальные физические свойства (более 70% поломок гидроагрегатов вызвано наличием загрязнений гидравлических жидкостей). Для этого необходимо следующее:

- следить, чтобы не происходило смешивание рабочей жидкости с водой, эмульсией и с технологическими жидкостями;

- следить, чтобы в жидкость не попадали пыль и другие механические частицы; с этой целью нужно фильтровать жидкость перед ее заливкой в гидросистему и уплотнять резервуары, содержащие рабочую жидкость;

- содержать жидкости в плотно закрываемой таре; не смешивать в одной таре свежую и бывшую в эксплуатации жидкости; при заправках и доливках гидросистемы пользоваться чистым заправочным инвентарем;

- одновременно с плановыми техническими обслуживаниями машин и их гидроприводов проводить техническое обслуживание рабочих жидкостей;

- в установленные сроки проводить смену рабочих жидкостей, а также в случае изменения вязкости на 50%, а в ответственных гидроприводах – на 25% от первоначальной.

2. ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ

2.1. Требования к охлаждающим жидкостям для двигателей

Автомобили и тракторы, используемые в лесной промышленности и лесном хозяйстве РБ, оснащены двигателями внутреннего сгорания. Детали двигателя (блок цилиндров, головка блока, поршни и т. д.) при работе сильно нагреваются. Чтобы обеспечить нормальный тепловой режим работы двигателя, его необходимо охлаждать. Преимущественное распространение получила жидкостная система охлаждения с принудительной циркуляцией жидкости. Системой охлаждения отводится 25–35% тепла, выделяющегося при сгорании топлива, эффективность, надежность и долговечность системы охлаждения зависят от качества охлаждающей жидкости, но вместе с этим система охлаждения должна поддерживать оптимальный тепловой режим, т. е. перегрев и переохлаждение деталей двигателя нежелательны. В частности, от качества жидкости зависят надежность работы системы охлаждения при низких и высоких температурах окружающего воздуха, интенсивность отложений в системе охлаждения, периодичность и объем работ, выполняемых при техническом обслуживании и ремонте системы охлаждения.

Охлаждающие жидкости в процессе работы двигателя нагреваются до температуры 80–90 °С и даже до 100 °С. При длительных остановках они охлаждаются до температуры окружающего воздуха.

В процессе применения охлаждающие жидкости контактируют с различными конструкционными материалами. Детали двигателей и системы охлаждения (радиаторы, водяные насосы и др.) изготавливают из черных и цветных металлов и их сплавов (алюминий, медь, латунь и др.). В системе охлаждения используют также резиновые соединительные и уплотнительные детали.

Чтобы жидкость для системы охлаждения двигателя полностью соответствовала своему назначению и условиям применения, она должна отвечать следующим требованиям:

- обладать высокой теплоемкостью, теплопроводностью;
- иметь высокую температуру кипения и теплоту испарения, низкую температуру замерзания;
- иметь малый коэффициент температурного расширения;
- обладать подвижностью (вязкостью) в диапазоне температур от –70 до +100 °С;

- иметь термическую стабильность и не образовывать отложений (накипи) в системе охлаждения;
- не вызывать коррозии металлов и не разрушать резиновые детали;
- не вспениваться в процессе работы;
- быть дешевой, недефицитной, безопасной в пожарном отношении, биологически и экологически нейтральной.

В качестве жидкости для системы охлаждения, когда температура наружного воздуха выше 0°C , возможно применение воды (хотя она и не обеспечивает всех вышеперечисленных требований), а при отрицательных температурах воздуха – жидкости, имеющей низкую температуру замерзания.

2.2. Вода – охлаждающая жидкость

При положительных температурах воздуха перечисленным выше требованиям достаточно полно удовлетворяет вода. Ее преимуществом по сравнению с другими жидкостями для системы охлаждения является дешевизна, недефицитность, негорючесть. Вода обладает также высокой теплоемкостью ($4,19 \text{ кДж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$) и теплопроводностью, обеспечивающими хороший отвод тепла, и необходимой вязкостью ($\nu_{20} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$), создающей легкую циркуляцию в системе охлаждения без потери воды через уплотнения и соединения.

Вода относится к аномальным телам, она в жидком, твердом и газообразном состоянии обладает оригинальными свойствами, резко отличающими ее от остальных жидкостей.

Как видно из рис. 2.1, удельная теплоемкость воды после $+27^{\circ}\text{C}$ увеличивается, но в пределах от 0 до $+27^{\circ}\text{C}$ в отличие от других тел с увеличением температуры ее теплоемкость падает. Поскольку рабочие температуры жидкости в системе охлаждения двигателя выше $+27^{\circ}\text{C}$, то снижение теплоемкости воды в указанном интервале температур не влияет на ее качество. По теплоемкости лучшая жидкость та, у которой она выше, так как при этом потребуется меньший объем системы охлаждения двигателя.

При 0°C она замерзает со значительным увеличением объема (примерно на 10%) (рис. 2.2), оказывая при этом давление на стенки рубашки охлаждения порядка 250 МПа. Это может вызвать разрушение (размораживание) системы охлаждения при температурах окружающего воздуха ниже 0°C . Причина этого – сетчатая (ажурная)

структура льда, которая имеет много свободного объема. При плавлении эта структура разрушается, заполняются пустоты и плотность воды возрастает (рис. 2.3), но после достижения $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ плотность воды понижается вследствие возрастающего теплового расширения. Такой характер изменения плотности свойственен только воде и ее водным растворам.

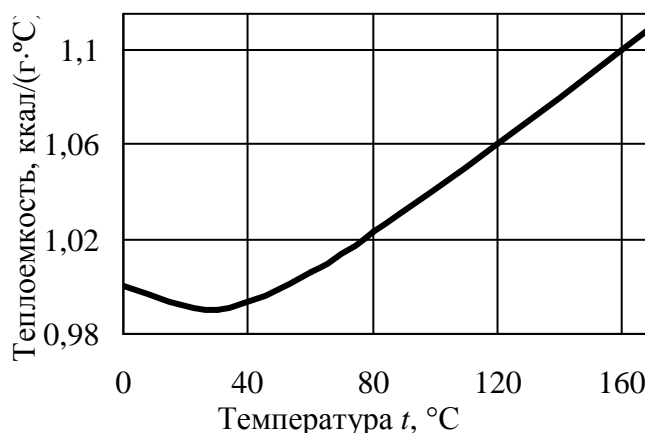


Рис. 2.1. Зависимость теплоемкости воды от температуры

Кроме того, вода имеет низкую температуру кипения, а это не во всех условиях эксплуатации удовлетворяет требованию, согласно которому температура кипения охлаждающей жидкости должна быть на $20\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше температуры в системе охлаждения. Этот недостаток проявляется, прежде всего, в жаркое время и в гористой местности. Применение герметизированной системы охлаждения позволяет повысить температуру кипения воды в равнинной местности до $105\text{--}108\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при давлениях $0,12\text{--}0,13\text{ МПа}$).

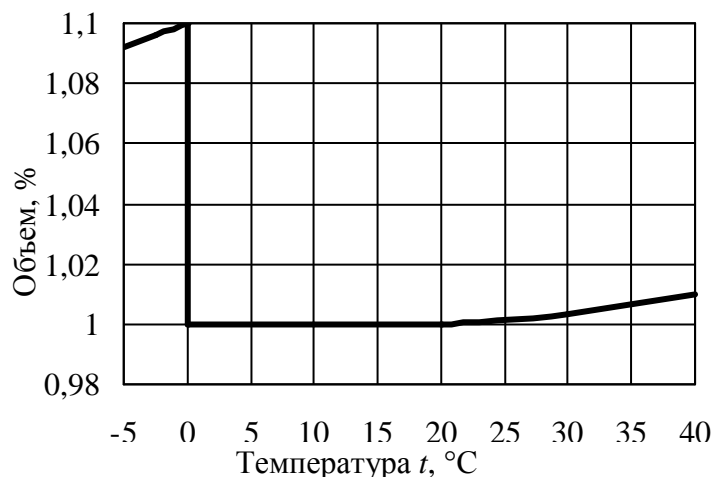


Рис. 2.2. Зависимость объема воды от температуры

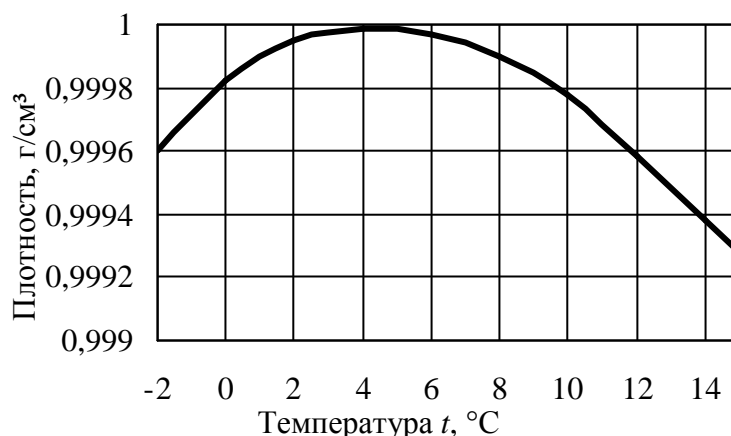


Рис. 2.3. Зависимость плотности воды от температуры

Одним из самых серьезных недостатков воды является способность образовывать накипь (отложения) на стенках деталей системы охлаждения (рис. 2.4).

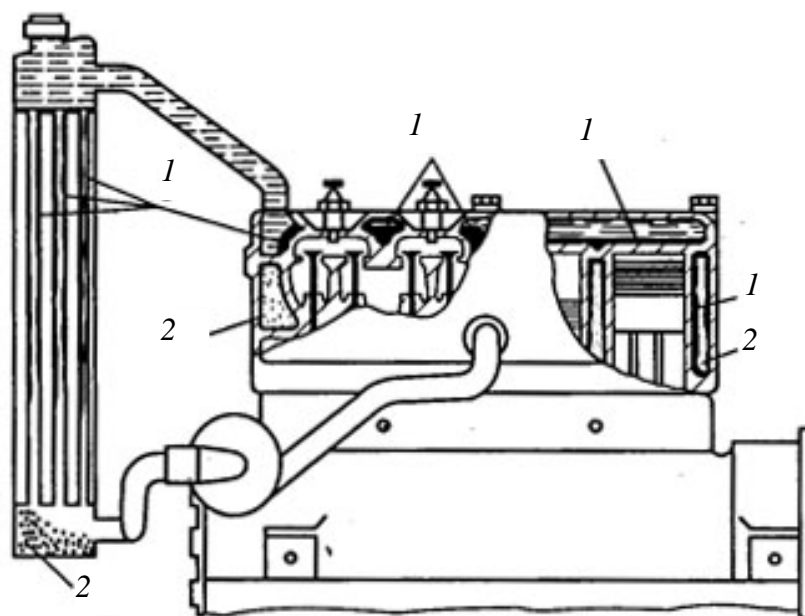


Рис. 2.4. Типичные места отложения накипи (1) и шлама (2) в системе охлаждения двигателей

Накипь в системе охлаждения уменьшает сечение каналов и нарушает циркуляцию. Теплопроводность накипи (0,2–2,0 Дж/(с·м·°C)) в 10–15 ниже, чем у металлов. Чем больше, плотнее и тверже слой, тем хуже теплообмен, выше расход топлива (рис. 2.5).

Отложение накипи в рубашках и головках двигателей часто ведет к появлению трещин, так как из-за ухудшения охлаждения стенки неравномерно расширяются, в металле возникают значительные внут-

рение напряжения. Углеводороды нефтепродуктов, попадающих в воду, входят в состав накипи и еще больше (до $0,1 \text{ Дж}/(\text{с}\cdot\text{м}\cdot^\circ\text{C})$) снижают ее теплопроводность. По этой причине охлаждающую воду следует предохранять от загрязнения нефтепродуктами.

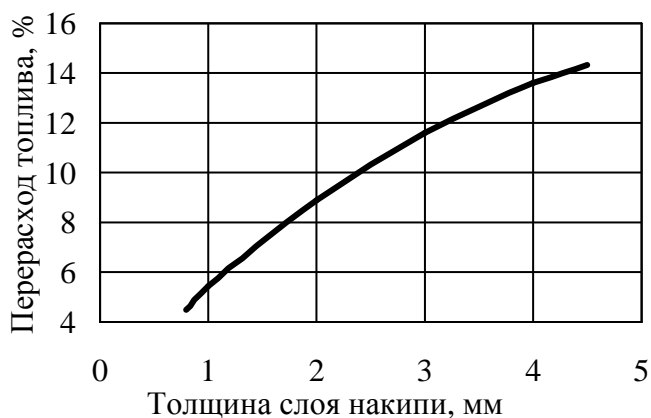


Рис. 2.5. Влияние накипи на перерасход топлива в двигателе

Интенсивность образования накипи в системе охлаждения зависит от содержания в воде растворенных солей, в основном кальция и магния, что характеризуется жесткостью воды J_0 . Кроме солей кальция и магния (солей жесткости), в образовании накипи участвуют механические примеси, которыми бывает загрязнена вода, а также ржавчина чугунных деталей системы охлаждения.

Жесткость воды измеряется *миллиграмм-эквивалентом* на 1 л ($\text{мг}\cdot\text{экв}/\text{л}$). Вода, которая содержит в 1 л воды 20,04 ионов кальция и 12,16 ионов магния, будет иметь жесткость, равную одному миллиграмм-эквиваленту.

Различают *временную* (карбонатную) и *постоянную* (некарбонатную) жесткости. Сумма временной J_k и постоянной J_n жесткостей составляет общую жесткость воды J_0 .

Временная жесткость связана с наличием в воде двууглекислых солей (бикарбонатов) кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, которые при нагревании воды до 80°C и выше выпадают, образуя на стенках системы охлаждения накипь в виде нерастворимых в воде карбонатов кальция (CaCO_3) и магния (MgCO_3). После выпадения двууглекислых солей вода теряет жесткость, которой обладала до нагрева, поэтому жесткость, вызванная двууглекислыми солями кальция и магния, называется временной. Количество накипи при одной и той же временной жесткости воды возрастает с увеличением температуры воды.

Постоянная жесткость связана с наличием в воде некарбонатных

солей: хлоридов и сульфатов кальция и магния. Соли некарбонатной жесткости не выпадают при нагревании воды и накипь образуют при испарении воды, если их увеличивающаяся при этом концентрация превысит предельную растворимость в воде. Особо нежелательная разновидность накипи, образующаяся этими солями, – гипс (CaSO_4), обладающий высокой твердостью. Некарбонатные соли вызывают также коррозию деталей системы охлаждения.

Структура и твердость накипи зависят от источника и условий ее образования. Жесткость воды определяется лабораторно и по происхождению воды (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Классификация воды по происхождению

Класс воды	Происхождение воды	Группа жесткости
Атмосферная Поверхностная	Дождевая, снеговая Речная, озерная: северные водоемы, центральные и южные водоемы	Очень мягкая Очень мягкая и мягкая Мягкая и среднежесткая
Грунтовая	Родниковая, колодезная, артезианская	Жесткая и очень жесткая
Морская	Моря, океаны	Очень жесткая

В зависимости от жесткости применяемой воды изменяется режим эксплуатации и технического обслуживания двигателей (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Изменение режима технического обслуживания двигателя в зависимости от жесткости воды

Группа жесткости	Общая жесткость, мг-экв/л	Влияние на накипеобразование
Очень мягкая	До 1,5	Накипи не образует
Мягкая	1,5–4,0	Накипи почти не образует
Среднежесткая	4,0–8,0	Образует накипь. Необходимо не реже 2 раз в год удалять накипь
Жесткая	8,0–12,0	Быстро откладывается значительная накипь. Не рекомендуется применять воду без предварительного умягчения или без использования присадок
Очень жесткая	Более 12,0	Воду применять без умягчения нельзя, так как система охлаждения быстро забивается накипью

Органические и минеральные примеси, в том числе и нефтепродукты, попадая с водой в систему охлаждения, образуют шламы.

Шлам – илоподобные отложения в застойных местах (пазухах) системы охлаждения двигателей; образуются при заправке двигателя грязной водой. Шлам, также как и накипь, обладает плохой теплопроводностью, ухудшает отбор тепла от двигателя.

Для предупреждения образования накипи применяют противонакипные присадки (*антинакипины*), ими умягчают жесткую воду (табл. 2.3). Рис. 2.6 показывает значительное снижение образования накипи при использовании антинакипинов.

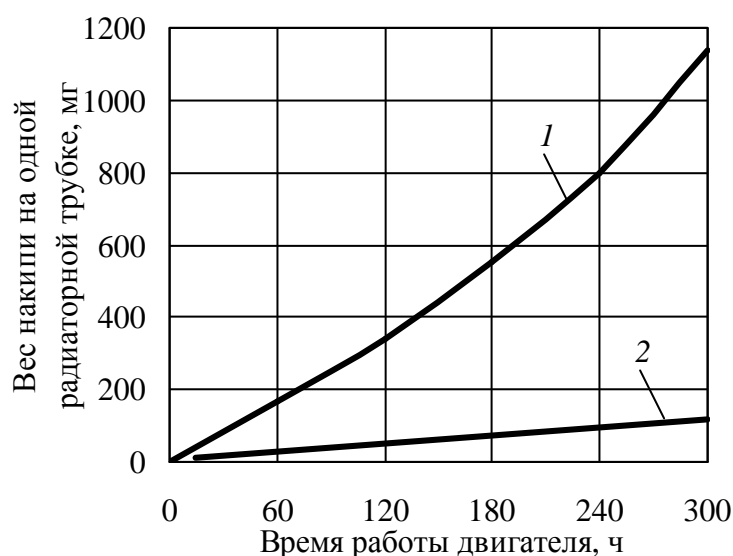


Рис. 2.6. Изменение количества накипи в системе охлаждения, заправленной:
1 – водой; 2 – водой с антинакипином

Умягчение воды. Известны различные методы умягчения воды, их выбирают от свойств природной воды и тех требований, которые предъявляются к ее свойству.

Таблица 2.3. Предупреждение накипеобразования

Операция	Реагенты и их действия	Порядок применения
Смена воды		Менять воду в двигателе как можно реже. При смене промывать систему охлаждения
Введение антинакипинов	Хромник $K_2Cr_2O_2$ или азотно-кислый аммоний NH_4NO_3 переводят соли накипи в растворимое состояние	Вначале приготавливают концентрат: 100 г реагента на литр воды. На литр среднежесткой воды добавляют 30–50 мл концентрата; для жесткой воды 100–130 мл/л. При помутнении воды в системе охлаждения воду меняют

Окончание табл. 2.3

Операция	Реагенты и их действия	Порядок применения
Умягчение воды	Гексамет $(\text{NaPO}_3)_6$ удерживает соли накипи во взвешенном состоянии	Добавляют в среднежесткую воду 0,2 г/л, а в жесткую – 0,3 г/л. Периодически спускают отстой шлама через спускные краники.
Перегонка	Все растворимые соли остаются в перегонном кубе	Получают воду без солей жесткости
Кипячение	Соли карбонатной и частично сульфатной жесткости выпадают в осадок. Остаточная временная жесткость до 2 мг·экв/л. Общая жесткость повышается за счет упаривания воды	Воду кипятят 20–30 мин, отстаивают и фильтруют от выпавшего осадка
Обработка химическими реагентами	Кальцинированная сода Na_2CO_3 – 53 мг/л на одну единицу жесткости Тринатрий фосфат Na_3PO_4 – 55 мг/л на одну единицу жесткости. Остаточная жесткость не более 0,5–1,0 ед.	Теплую (горячую) воду перемешивают с реагентом 20–30 мин, отстаивают и фильтруют от выпавшего осадка
Катионитовый	Ионообменные синтетические смолы, сульфируемый уголь, пермутит и др. Остаточная жесткость 0,5–1,0 ед.	Фильтруют через катионитовый фильтр

Напомним, что *катионитами* называются вещества, которые могут обменивать свои катионы на катионы солей жесткости.

Катионитовый метод умягчения воды осуществляется ионообменными смолами и алюмосиликатами. При прохождении воды через слой катионита ионы натрия и водорода в нем заменяются ионами кальция, магния из жесткой воды.

После обработки можно получить воду с остаточной жесткостью до 0,05 мг·экв/л.

Отработанные катиониты регенерируют: Na-катионитовый фильтр раствором хлористого натрия, H-катионитовый – соляной кислоты. При этом происходит обратный процесс: ионы натрия и водорода замещают в фильтре ионы кальция и магния, переходящие в раствор.

Имеет распространение способ умягчения с помощью пермутитовых фильтров. *Пермутиты* – это алюмосиликаты щелочных металлов общей формулы $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{SiO}_2)_x \cdot (\text{Na}_2\text{O})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Пермутиты бывают естественные (глауконитовые пески) и искусственные, обладающие большей обменной способностью (получают, например, сплавлением и измельчением каолина, кварца и соды).

На рис. 2.7 приведена схема установки для умягчения воды. Пропускание воды через глауконитовый или пермутитовый фильтр очищает ее до нескольких десятков долей мг·экв/л. При этом глауконит или пермутит легко регенерируются промывкой их 5–10%-ным раствором поваренной соли, в результате которой фильтрующий материал насыщается натрием ввиду удаления кальция и магния. Вследствие простоты и доступности этот способ умягчения можно применять как в стационарных, так и в передвижных условиях.

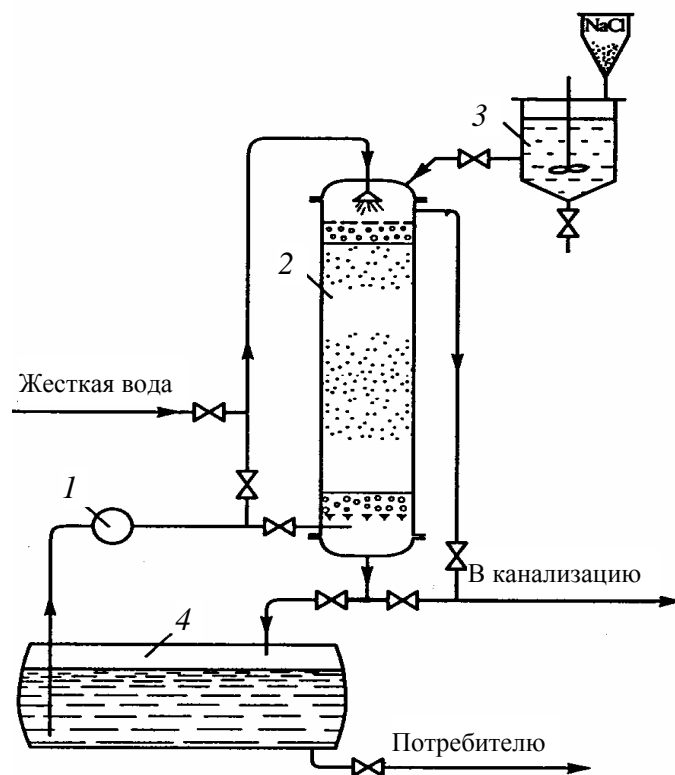


Рис. 2.7. Схема стационарной катионитовой установки для умягчения жесткой воды:

- 1 – насос; 2 – катионитовый фильтр с сульфированным углем;
- 3 – мешалка для приготовления раствора поваренной соли;
- 4 – сборник умягченной воды

Однако самым простым и эффективным способом снижения накипеобразования является магнитная обработка воды. Суть последней заключается в пропускании воды через магнитное силовое поле в направлении, перпендикулярном к силовым линиям, в результате чего содержащиеся в воде соли не образуют накипи, а выпадают в виде легко смываемого шлама. И более того, под действием обработанной воды разрушается ранее образовавшаяся накипь.

Для электромагнитной обработки воды используют аппараты, монтируемые в водопроводную нить. Одна из схем такого аппарата показана на рис. 2.8.

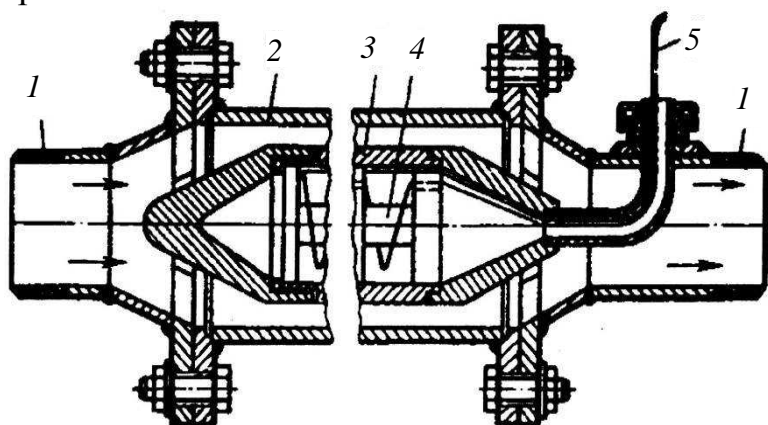


Рис. 2.8. Схема аппарата для электромагнитной обработки воды:
1 – водопроводная труба; 2 – корпус аппарата; 3 – корпус магнита;
4 – катушка электромагнита; 5 – электропровод

Удаление накипи. Несмотря на множество способов и рекомендаций по удалению накипи, быстро и легко осуществимых нет. Легче предупредить образование накипи, чем удалить ее из системы охлаждения. Рекомендуемые способы основаны на разрушении образовавшихся нерастворимых в воде солей накипи и их частичном переводе в растворимые соли. Используют различные растворы щелочей, соды и т. д. Наиболее распространенные составы и время обработки приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Составы для удаления накипи

Состав	Количество, граммов на 10 л воды	Время, требуемое для разрушения накипи, ч
Для всех двигателей		
Техническая молочная кислота	600	0,5–3,0
Хромпик или хромовый ангидрид	200	8,0–10,0

Окончание табл. 2.4

Состав	Количество, граммов на 10 л воды	Время, требуемое для разрушения накипи, ч
Ингибированная соляная кислота: соляная кислота ингибитор уротропин пеногаситель (сивушные масла, скипидар, амиловый спирт)	$\left\{ \begin{array}{l} 500 \\ 500 \\ 0,01 \\ 0,02 \end{array} \right.$	0,5–1,0
Смесь: кальцинированная сода хромпик	$\left\{ \begin{array}{l} 1000–1200 \\ 20–30 \end{array} \right.$	10–12
Смесь: фосфорная кислота хромовый ангидрид	$\left\{ \begin{array}{l} 1000 \\ 500 \end{array} \right.$	0,5–1,0
Только для двигателей с чугунной головкой цилиндров		
Техническая соляная кислота	250–300	0,5–1,0
Каустическая сода	700–1000	7,0–10,0
Смесь: тринатрийфосфат кальцинированная сода	$\left\{ \begin{array}{l} 450 \\ 550 \end{array} \right.$	10–12
Тринатрийфосфат	300–500	2,0–3,0

Вначале удаляют из двигателя термостат и заливают состав в систему охлаждения. По истечении срока, указанного в таблице, пускают двигатель и дают ему поработать 10–20 мин, после чего двигатель останавливают, состав сливают и систему охлаждения 2–3 раза промывают водой. Рекомендуется последнюю промывку делать горячим (70–80 °С) 0,5–1,0%-ным раствором хромпика (антикоррозионная промывка).

Чтобы избежать вредных последствий накипи и увеличить периодичность между промывками системы охлаждения, необходимо применять мягкую (дистиллированную) и чистую воду и, в частности, не допускать ее засорения вследствие использования грязной посуды. Целесообразно, чтобы вода, сливаемая из системы охлаждения, использовалась повторно, так как она обладает меньшей жесткостью по сравнению со свежей.

2.3. Охлаждающие жидкости с низкой температурой замерзания

Низкозамерзающие жидкости предназначены для заполнения систем охлаждения двигателей в зимнее время и объединены общим названием «*антифризы*». Наибольшее распространение имеют гликолевые жидкости, представляющие собой смеси этиленгликоля с водой. Реже встречаются жидкости, изготовленные на основе пропиленгликоля, смешивать которые с этиленгликолевыми нельзя. Этиленгликолевые жидкости, обеспечивая надежное охлаждение двигателя, полностью исключают возможность размораживания системы охлаждения при длительной стоянке в условиях низкой температуры.

Этиленгликоль (двухатомный спирт $C_2H_4(OH)_2$) – прозрачная бесцветная или слегка желтоватая вязкая жидкость без запаха; хорошо смешивается с водой, ацетоном, спиртами; нерастворим в нефтепродуктах. Основные физико-химические показатели воды и этиленгликоля приведены в табл. 2.5.

Несмотря на то, что в случае применения этиленгликоля рабочая температура жидкости может быть повышена до 120–130 °С (улучшение охлаждения из-за большого перепада температуры между охлаждающей средой и окружающим воздухом), в чистом виде его практически не используют. Причиной этого является высокая температура застывания и низкая температура вспышки (пожароопасность) этиленгликоля.

Таблица 2.5. Основные данные воды и этиленгликоля

Показатели	Вода	Этиленгликоль технический
Формула	H_2O	$C_2H_4(OH)_2$
Молекулярная масса	18,01	62,07
Плотность при 20 °С, кг/м ³	998,2	1113
Температура застывания, °С	0	–11,5
Температура кипения при 0,1МПа, °С	100	197,7
Теплоемкость при 20 °С, кДж/(кг·°С)	4,184	2,422
То же, при 0 °С	2,04	–
Удельная теплопроводность, кДж/(ч·м·°С)	2,179	0,955
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	1,0	19–20
Теплота испарения, Дж/кг	2258	800
Коэффициент объемного расширения(в пределах от 4 до 100 °С)	0,00046	0,00062
Температура вспышки, °С	–	122
Температура воспламенения, °С	–	140

Для охлаждения используют водные растворы этиленгликоля. Смешивая этиленгликоль с водой в разных отношениях, можно получить жидкость с температурой замерзания от 0°C до -75°C . Зависимость температуры замерзания водноэтиленгликолевых растворов от состава приведена на рис. 2.9. Кривая кристаллизации имеет перелом в точке, соответствующей 33,3% воды и 66,7% этиленгликоля, с температурой замерзания -75°C . В водных растворах этиленгликоля с содержанием воды от 0 до 33,3% (левая ветвь кривой) при замерзании образуются кристаллы этиленгликоля, а вода остается в жидком состоянии. При концентрации воды более 33,3% (правая ветвь кривой) при замерзании кристаллизуется вода, а этиленгликоль остается в жидком состоянии. В точке перелома одновременно кристаллизуются этиленгликоль и вода.

Пользуясь кривой кристаллизации, можно, зная необходимую температуру замерзания, найти состав смеси. Кривая составлена для химически чистого этиленгликоля, товарный этиленгликоль содержит примеси других гликолей. Поэтому температура застывания охлаждающих жидкостей несколько отличается от теоретической.

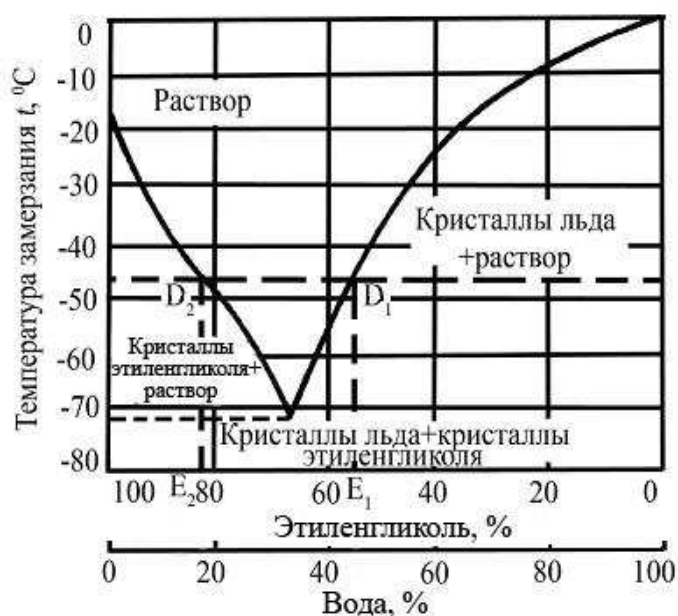


Рис. 2.9. Зависимость температуры замерзания низкотемпературной этиленгликолевой жидкости от содержания этиленгликоля

Использование низкотемпературных этиленгликолевых жидкостей в системе охлаждения имеет много преимуществ: низкая температура застывания, высокая температура кипения, хорошие вязкост-

ные свойства, жидкость не горюча, имеет достаточно высокие теплоемкость и теплопроводность. При ее замерзании образуется рыхлая масса, объем которой увеличивается лишь на 0,2–0,3% от первоначального, поэтому система не разрушается.

Следить за составом этиленгликолевой жидкости в процессе эксплуатации и, следовательно, за температурой ее замерзания можно по плотности жидкости, имея в виду, что плотность этиленгликоля 1,109–1,115 г/см³.

Пользуясь ареометром либо гидрометром (рис. 2.10), можно определить состав и температуру замерзания этиленгликолевой жидкости. Гидрометр вместо шкалы плотности имеет двойную шкалу, одновременно показывающую содержание этиленгликоля (в процентах) и температуру кристаллизации антифриза. Для этого в стеклянный цилиндр с низкотемпературной жидкостью, имеющей температуру 20 °С, опускают гидрометр и по верхнему мениску жидкости по шкале 2 определяют содержание этиленгликоля, а по шкале 3 – температуру замерзания жидкости.

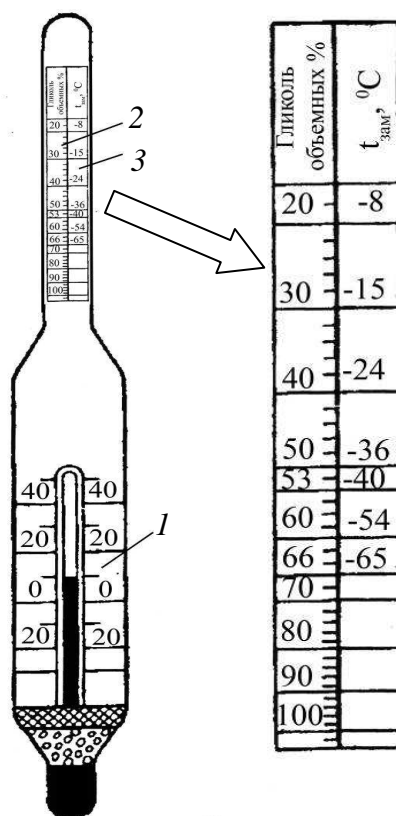


Рис. 2.10. Гидрометр для определения состава и температуры замерзания этиленгликолевой жидкости:

1 – шкала термометра; 2 – шкала процентного содержания этиленгликоля;

3 – шкала температур замерзания жидкости

Данные о влиянии концентрации этиленгликоля в смеси с водой на ее плотность и температуру замерзания приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6. Характеристики низкотемпературных охлаждающих жидкостей

Концентрация этиленгликоля, %	Плотность смеси, г/см ³	Температура замерзания, °С	Концентрация этиленгликоля, %	Плотность смеси, г/см ³	Температура замерзания, °С
26,4	1,0340	–10	65,3	1,0855	–65
27,2	1,0376	–12	65,6	1,0860	–66
29,6	1,0410	–14	66,0	1,0863	–67
32,0	1,0443	–16	66,3	1,0866	–68
34,2	1,0480	–18	68,5	1,0888	–66
36,4	1,0506	–20	69,6	1,0900	–64
38,4	1,0533	–22	70,8	1,0910	–62
40,4	1,0560	–24	72,1	1,0923	–60
42,2	1,0586	–26	73,3	1,0937	–58
44,0	1,0606	–28	74,5	1,0947	–56
45,6	1,0627	–30	75,8	1,0960	–54
47,0	1,0643	–32	77,0	1,0973	–52
48,2	1,0663	–34	78,4	1,0983	–50
49,6	1,0680	–36	79,6	1,0997	–48
51,0	1,0696	–38	81,2	1,1007	–46
52,6	1,0713	–40	82,5	1,1023	–44
53,6	1,0726	–42	83,9	1,1033	–42
54,6	1,0740	–44	85,4	1,1043	–40
55,6	1,0753	–46	86,9	1,1054	–38
56,6	1,0766	–48	88,4	1,0660	–36
58,0	1,0780	–50	90,0	1,1077	–35
59,1	1,0790	–52	91,5	1,1987	–34
60,2	1,0803	–54	93,0	1,1096	–33
61,2	1,0813	–56	94,4	1,1103	–32
62,2	1,0823	–58	95,0	1,1105	–28
63,1	1,0833	–60	95,5	1,1107	–27
64,0	1,0843	–62	96,5	1,1110	–24
64,8	1,0850	–64	97,0	1,1116	–22

Используя эту таблицу, можно подобрать составы водоетиленгликолевых смесей, предназначенных для заданных условий эксплуатации.

Данные плотности антифриза, указанные в табл. 2.6, соответствуют температуре окружающего воздуха +20 °С. Если температура этиленгликолевого антифриза отличается от +20 °С, то замеренную

плотность ρ_t приводят к температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ по формуле:

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma(t - 20),$$

где ρ_{20} – плотность антифриза при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (смотреть табл. 2.6);

ρ_t – плотность антифриза при температуре замера, г/см^3 ;

t – температура антифриза в момент замера плотности, $^{\circ}\text{C}$;

γ – температурная поправка плотности этиленгликоля, которая на каждый градус равна $0,000525\text{ г/см}^3$.

Величина приведенной плотности ρ_{20} используется для определения состава антифриза и температуры его кристаллизации по табл. 2.6 или диаграмме, приведенной на рис. 2.9 и 2.11.

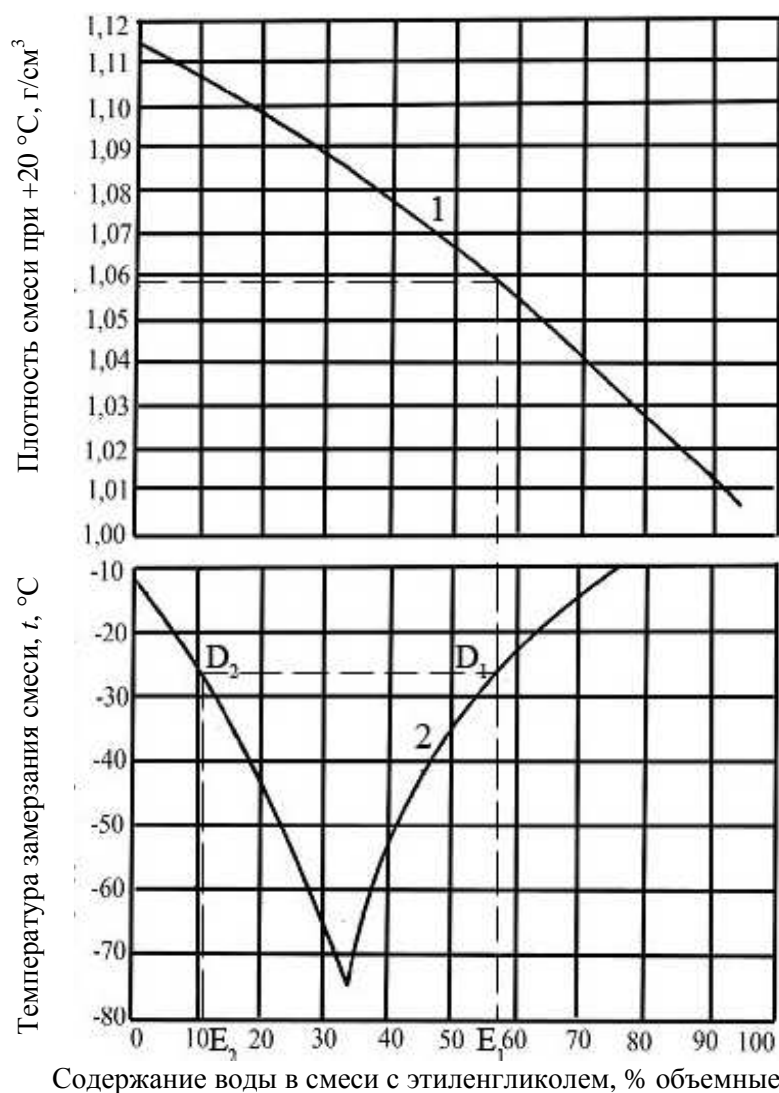


Рис. 2.11. Зависимости плотности и температуры замерзания смесей этиленгликоля и воды от их концентрации

При определении температуры кристаллизации по диаграмме заданное значение плотности ρ_{20} откладывают по оси ординат диаграммы, а затем проводят горизонтальную линию до пересечения с кривой плотности 1. Перпендикуляр, опущенный из точки пересечения на ось абсцисс, определит состав этиленгликолевого антифриза. Продолжив перпендикуляр вниз до пересечения с кривой температур кристаллизации 2, из точки пересечения проводят горизонтальную линию до оси ординат, по которой определяется температура кристаллизации данной смеси. Ввиду того, что смесь с заданной температурой кристаллизации может иметь на кривой кристаллизации две точки (см. рис. 2.9, 2.11), соответствующие различным составам антифриза (см. рис. 2.9, 2.11), но с одинаковой температурой, экономичнее приготовить смесь с большим содержанием воды.

В процессе эксплуатации машины плотность этиленгликолевого антифриза меняется как в большую, так и меньшую сторону, что приводит к изменению температуры замерзания охлаждающей жидкости. Для приведения плотности антифриза к нормируемым показателям состав смеси корректируется путем добавления воды или этиленгликоля. Количество добавляемого компонента определяется по формуле:

$$\text{при добавлении этиленгликоля } V_{\text{эт}} = \frac{B_{\text{ф}} - B_{\text{н}}}{B_{\text{н}}} V;$$

$$\text{при добавлении воды } V_{\text{в}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ф}} - \mathcal{E}_{\text{н}}}{\mathcal{E}_{\text{н}}} V,$$

где $V_{\text{эт}}$ и $V_{\text{в}}$ – количество добавляемого компонента соответственно этиленгликоля или воды, л;

V – объем смеси, подвергаемый коррекции, л;

$B_{\text{ф}}$ – фактическое содержание воды в корректируемом составе антифриза, %;

$B_{\text{н}}$ – необходимое содержание воды в составе смеси антифриза с требуемыми эксплуатационными характеристиками, %;

$\mathcal{E}_{\text{ф}}$ – фактическое содержание этиленгликоля в корректируемом составе антифриза, %;

$\mathcal{E}_{\text{н}}$ – необходимое содержание этиленгликоля в составе антифриза с требуемыми эксплуатационными характеристиками, %.

2.4. Ассортимент низкотемпературных охлаждающих жидкостей

Промышленность выпускает следующие низкотемпературные охлаждающие жидкости для двигателей внутреннего сгорания: «Антифриз», «Тосол», «Лена». Получают их разбавлением технического этиленгликоля водой. Для уменьшения действия этиленгликоля на металлы в антифризы введены антикоррозионные присадки: *декстрин* (сложный углевод), защищающий от разрушения свинцовооловянистый припой, алюминий и медь; *динатрийфосфат* (Na_2HPO_4) для защиты черных металлов, меди и латуни; *молибденовокислый натрий* (Na_2MoO_4) против коррозии цинковых и хромовых покрытий системы охлаждения. В тосолах введены антивспенивающая присадка и композиция антикоррозионных присадок. Характеристики их приведены в табл. 2.7.

Присадки, содержащиеся в «Тосоле», в процессе эксплуатации двигателя распадаются, и качество жидкости ухудшается. Вследствие снижения концентрации присадок «Тосол» надежно работает 2 года, а при интенсивной эксплуатации автомобиля – в течение 60 000 км пробега, после чего подлежит замене. Смешивать тосол и антифриз нельзя.

За рубежом охлаждающие жидкости также выпускаются как в виде концентратов, так и в виде готовых продуктов. Приведем некоторые из них.

Концентрат Mannol Antifreeze (SCT, Германия) на этиленгликолевой основе предназначен для круглогодичного использования в любых системах охлаждения. Жидкость предохраняет систему охлаждения от замерзания до температуры -75°C , коррозии и накипи, не вспенивается, нейтральна к металлам и резиновым уплотнениям. Не рекомендуется разбавлять в пропорциях менее 40 и более 70%.

Антифриз Kuhlerfrostschutz (JB German Oil, Германия) на основе этиленгликоля обладает морозостойкостью до -53°C и содержит ингибиторы коррозии, которые обеспечивают защиту всех конструктивных материалов, используемых в двигателе. Антифриз удовлетворяет требованиям производителей автомобилей *Mercedes Benz*, *BMW*, *Porsche*, *General Motors*, *MAN* и др.

Антифриз Texaco Havoline Extended Life Antifreeze/Coolant (Texaco Havoline, США) эффективно предохраняет системы охлаждения от замерзания зимой и от закипания летом.

Антифриз имеет температуру кипения 108 °С в открытой системе охлаждения и 129 °С в герметичных системах, работающих под давлением; не склонен к превращению в гель и образованию абразивных частиц в системе охлаждения; обеспечивает долговременную противокоррозионную защиту всех конструкционных материалов системы охлаждения, включая высокотемпературную защиту алюминия; гарантирует срок эксплуатации без замены состава в течение 5 лет или 250 тыс. км пробега автомобиля.

Антифриз при разбавлении водой образует низкозамерзающую жидкость. При объемном соотношении антифриза и воды (в процентах) образуются смеси, имеющие следующие температуры замерзания: –22 °С (антифриза –35, воды –65); –27 °С (антифриза –40, воды –60); –34 °С (антифриза –45, воды –55); –40 °С (антифриза –50, воды –50); –60 °С (антифриза –70, воды –30).

Состав имеет одобрение и рекомендован производителями автомобилей *Caterpillar, Chrysler, Ford, General Motors, MAN, BMW, Mercedes Benz 325.3, Mack* и др.

2.5. Применение низкозамерзающих охлаждающих жидкостей

Температура кипения этиленгликоля(+197 °С) значительно выше температуры кипения воды. При работе двигателя на низкозамерзающей жидкости в первую очередь испаряется вода, поэтому при интенсивном понижении уровня охлаждающей жидкости (при отсутствии утечек) добавлять в нее следует воду, лучше дистиллированную. Если количество жидкости в системе охлаждения уменьшилось вследствие утечки, то добавляется этиленгликолевая жидкость. Следует помнить, что температура замерзания антифриза повышается не только при недостаточной, но и при избыточной концентрации этиленгликоля в составе раствора (см. табл. 2.6).

Этиленгликолевая жидкость имеет коэффициент объемного расширения больший, чем вода, поэтому, чтобы при прогревом двигателя избежать переполнения системы охлаждения и потери части жидкости, ее заливают в количестве 92–95% объема системы охлаждения (при отсутствии расширительного бачка).

Нельзя допускать попадания в этиленгликолевую жидкость нефтепродуктов, которые вызывают ее вспенивание.

Противокоррозионная присадка – двузамещенный фосфорно-

кислый натрий реагирует с накипью. Чтобы избежать уменьшения концентрации присадки и повышения коррозионности низкотемпературной жидкости, перед ее заливкой из системы охлаждения должна быть удалена накипь.

Для уменьшения затрат, связанных с применением этиленгликолевой жидкости, ее сливают из системы охлаждения после окончания зимнего сезона и хранят для повторного использования.

В систему охлаждения двигателя заливают только жидкости, указанные заводом-изготовителем двигателя в инструкции по его эксплуатации.

Не следует смешивать между собой антифризы разных марок, даже имеющих одну основу, так как в них могут содержаться не совместимые друг с другом присадки.

По мере «старения» (выработки присадок) низкотемпературные охлаждающие жидкости меняют внешний вид: они мутнеют, в них появляются осадки, меняется первоначальный цвет. Так, антифриз из оранжевого превращается в мутнобелый, а тосол – из голубого сначала в зеленый, а затем в мутножелтоватый. При явном изменении цвета и помутнении охлаждающую жидкость следует слить, промыть систему охлаждения чистой водой и залить свежую жидкость.

Низкотемпературные жидкости имеют более высокую текучесть, чем вода, поэтому соединения патрубков охлаждающей системы должны обладать достаточной надежностью, обеспечивающей герметичность.

Этиленгликоль и его водные растворы очень ядовиты. Однако отравляющее действие их проявляется только при попадании в желудочно-кишечный тракт, поэтому специальных мер для защиты неповрежденной кожи и дыхательных путей при использовании антифризов не требуется. Основные меры предосторожности: антифризы нельзя засасывать ртом, необходимо осторожно заполнять систему охлаждения, не допуская разливов и переливов жидкости, работать следует в резиновых перчатках, лучше в специальной одежде. После работы с антифризами нужно вымыть руки с мылом.

3. ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

3.1. Общие сведения и требования к тормозным жидкостям

Основное назначение тормозной жидкости – передача энергии от главного тормозного цилиндра к колесным, которые прижимают тормозные накладки к тормозным дискам или барабанам. Рабочее давление в гидроприводе тормозов достигает 10 МПа, а температура тормозной жидкости в дисковых тормозах поднимается до 150–190 °С.

Важной особенностью жидкостей для гидравлических тормозных приводов является то, что от их эксплуатационных качеств зависят не только долговечность и надежность работы деталей привода, но и безотказность работы тормозного механизма, т. е. безопасность движения транспортного средства.

С ростом скоростей автомобилей нагрузки на тормозную систему значительно возросли. Например, при торможении автомобиля массой 1 т со скорости 140 км/ч до полной остановки в течение 7,8 с выделяется 180 ккал тепла, которых достаточно, чтобы расплавить 0,78 кг серого чугуна. При многократных торможениях во время движения по городу, т. е. при отсутствии обдува тормозных механизмов, температура тормозной жидкости может превысить 200 °С. При такой температуре практически любая жидкость, как правило, закипает и тормоза отказывают: насыщенная пузырьками газа и пара жидкость не способна передать энергию от педали главного тормозного цилиндра к колесным цилиндрам, которые прижимают тормозные накладки к тормозным барабанам или дискам. Кроме того, в результате постоянных колебаний температуры в тормозную систему через резиновые уплотнения и шланги проникает атмосферная влага – тормозная жидкость «увлажняется».

При эксплуатации вследствие обводнения температура кипения тормозной жидкости неизбежно снижается, поэтому наряду с температурой кипения «сухой» тормозной жидкости определяют температуру кипения «увлажненной» жидкости, содержащей 3,5% воды.

Жидкость для гидравлического тормозного привода служит в качестве рабочей среды для передачи усилия от тормозной педали до тормозных колодок. При этом должны быть минимальные потери

энергии на трение в приводе как на преодоление трения при передвижении жидкости в системе привода, так и на преодоление трения в подвижных его соединениях. Безотказная работа тормозного механизма возможна при условии, что жидкость не будет терять текучесть при любых климатических условиях эксплуатации автомобиля и не будут нарушаться ее свойства несжимаемости, обеспечивающие плавную и полную передачу усилия.

Долговечность тормозного привода, затраты на его эксплуатацию зависят от химического воздействия на детали привода тормозной жидкости, а также от ее тормозных свойств. Смазочные свойства тормозных жидкостей изменяются в зависимости от температуры (рисунок).

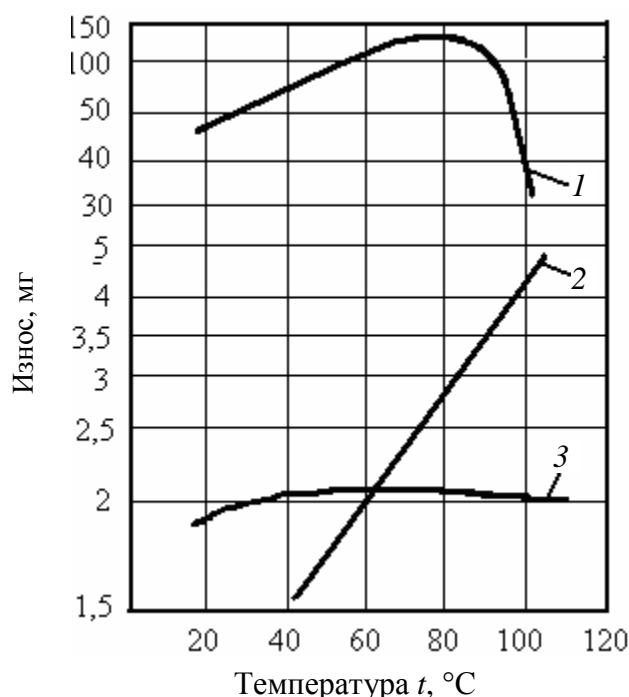


Рисунок. Влияние температуры на смазывающие свойства тормозных жидкостей: 1 – тормозная жидкость на гликолевой основе ГТЖ-22; 2 – тормозная жидкость на нефтяной основе ГТН; 3 – тормозная жидкость на касторовой основе БСК

Эффективность действия рабочей тормозной системы оценивают по *тормозному пути* – расстоянию, проходимому автомобилем по горизонтальной сухой дороге с твердым покрытием при торможении от начальной скорости 40 км/ч до полной остановки. Этот критерий в соответствии с ГОСТом наряду с *максимальным замедлением* принят в качестве измерителя тормозных качеств транспортных средств (табл. 3.1).

**Таблица 3.1. Показатели эффективности действия
рабочей тормозной системы**

Тип транспортного средства	Тормозной путь, м, не более	Установившиеся замедления, м/с ² , не менее
Легковые автомобили и их модификации для перевозки грузов	16,2	5,2
Автобусы	21,2	4,5
Грузовые автомобили	23,0	4,0
Автопоезда	25,0	4,0

Исходя из назначений и условий работы, жидкость для гидравлических тормозных приводов должна отвечать следующим эксплуатационно-техническим требованиям:

- обладать хорошими вязкостно-температурными свойствами, обеспечивать высокую подвижность (прокачиваемость) в холодное зимнее время и отсутствие подтеканий в жаркое летнее время при колебаниях температуры от минус 50–60 °С (зимой в северных районах) до плюс 50 °С (летом на южных горных дорогах);

- иметь температуру кипения выше максимальной температуры нагрева жидкости в тормозном приводе (примерно 120–130 °С), чтобы не допускать образования «паровых пробок» в гидравлической системе и потерь жидкости вследствие испарения и высокую температуру кипения при поглощении влаги;

- обладать хорошими смазывающими свойствами для обеспечения минимальных износов трущихся деталей привода и существенно не зависеть от температуры, обеспечивать минимальные потери энергии на преодоление трения;

- должны отсутствовать склонности к образованию твердых частиц и сгустков во время использования и хранения;

- не должна вызывать коррозии металлических деталей, быть совместимой с резиновыми манжетами, клапанами и шлангами гидравлического привода;

- быть стабильной, т. е. не расслаиваться, не вспениваться и длительно при работе и хранении сохранять неизменными свои физико-химические свойства.

3.2. Эксплуатационные свойства жидкостей

Сделать универсальной жидкость невозможно, поскольку широкий спектр материалов, применяемых при изготовлении тормозных систем, вынуждает производителей автомобилей рекомендовать для них определенные тормозные жидкости. Однако тормозные жидкости должны обладать рядом эксплуатационных свойств. Рассмотрим важнейшие из них.

Температура кипения. Она является критическим параметром безопасной работы тормозной системы. При температуре, превышающей точку кипения тормозной жидкости, растворенные в ней газы резко увеличивают свой объем. При этом происходит интенсивное образование воздушных пузырьков испаряющейся тормозной жидкости, которые вытесняют часть жидкости через компенсационные отверстия в бачок главного тормозного цилиндра. Нажатие на тормозную педаль способствует лишь сжатию и растворению пузырьков газа в оставшейся жидкости, а необходимого роста давления в системе не происходит, что приводит к значительному снижению эффективности торможения или к полному отказу тормозной системы (педаль тормоза при нажатии «проваливается»). Чтобы этого не происходило, тормозная жидкость, заливаемая в систему, должна обладать высокой температурой кипения.

Гигроскопичность – способность жидкости поглощать воду из окружающей среды. Негигроскопичная тормозная жидкость предохраняет тормозную систему от появления в ней воды в свободном виде, химически связывает ее и препятствует образованию ледяных или паровоздушных пробок в интервале рабочих температур.

Температура кипения увлажненной жидкости. Это свойство характеризует минимально допустимое значение установившейся температуры кипения жидкости в зависимости от абсорбированной влаги в количестве 3,5% от объема системы. При попадании в систему влаги точка кипения тормозной жидкости снижается.

Абсорбция влаги происходит, в основном, за счет диффузии воды через гибкие трубопроводы тормозной системы. Поэтому гибкие соединительные трубопроводы тормозной системы рекомендуется заменять через 1–2 года эксплуатации автомобиля.

Температура кипения «увлажненной» жидкости косвенно характеризует температуру, при которой жидкость будет «закипать» через 1,5–2 года ее работы в гидроприводе тормозов автомобиля.

В последние годы основным направлением в улучшении качества тормозных жидкостей являлось увеличение температуры кипения, особенно в «увлажненном» состоянии. Это следует из данных, приведенных в табл. 3.2.

**Таблица 3.2. Температуры кипения
«сухих» и «увлажненных» тормозных жидкостей**

Марка жидкости	Температура кипения «сухой» жидкости, °С	Температура кипения «увлажненной» жидкости, °С
«Нева»	195	138
«Томь»	220	155
«Роса»	260	165

Вязкость – свойство, которое определяется величинами потерь на внутреннее трение в жидкости.

Изменение вязкости является одним из основных критериев оценки пригодности тормозной жидкости к эксплуатации в интервале рабочих температур. Значительное изменение вязкости при больших колебаниях температуры не только влияет на время срабатывания тормозной системы, но и может вывести ее из рабочего состояния. Поэтому колебания вязкости, связанные с условиями эксплуатации, должны быть минимальными. В диапазоне температур от -40 до $+100$ °С вязкость тормозной жидкости должна оставаться по возможности постоянной. Наиболее чувствительны к изменению вязкости жидкости тормозные механизмы, оснащенные антиблокировочной системой тормозов (АБС), и тормоза автомобилей с автоматической трансмиссией.

Тормозная жидкость должна обладать необходимой текучестью, которая определяется максимальной допустимой вязкостью при температуре -40 °С: не более $1500 \text{ мм}^2/\text{с}$ для жидкостей общего назначения и не более $1800 \text{ мм}^2/\text{с}$ – для высокотемпературных жидкостей. Жидкость в автомобилях, эксплуатируемых в северных районах, должна иметь вязкость не более $1500 \text{ мм}^2/\text{с}$ при температуре -55 °С. Вязкость при температуре $+50$ °С должна быть не менее $5,0 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Совместимость – способность тормозной жидкости смешиваться с аналогами без вступления их компонентов в химическую реакцию между собой.

Стабильность физико-химических свойств должна предотвра-

щать расслоение, вспенивание и выпадение осадков в жидкости при работе и хранении.

Химическая инертность – способность жидкости не вступать в химические реакции с материалами, из которых изготовлены детали тормозной системы.

Защитные противокоррозионные свойства обеспечиваются введением в тормозные жидкости специальных присадок-ингибиторов коррозии, так как в гидроприводе тормозов детали из различных материалов соединяются между собой, что создает условия для возникновения электрохимической коррозии.

Эффективность ингибиторов коррозии оценивается по изменению массы и состоянию поверхности пластин из стали, чугуна, белой жести, алюминия, латуни, меди после их выдерживания в тормозной жидкости, содержащей 3,5% воды, в течение 120 ч при 100 °С.

Увеличение объема резины в тормозной жидкости после старения нормируется стандартами. Изменение объема резины (марки 51-1524) после 120 ч пребывания в жидкости «Нева» и др. при 120 °С должно составлять 2–10%. Жидкости иностранного производства имеют этот показатель равным 10%. При большем увеличении объема прочностные свойства резины существенно ухудшаются.

Свойства жидкостей улучшают добавлением присадок. Современные тормозные жидкости представляют собой смеси различных эфиров с низкомолекулярными полимерами с добавлением антикоррозионных и антиокислительных присадок.

Выпускается несколько разновидностей тормозных жидкостей, которые по характеру основы можно подразделить на касторовые, гликолевые и нефтяные.

Основные физико-химические показатели, характеризующие эксплуатационно-технические свойства тормозных жидкостей, приведены в табл. 3.3.

Приведенные данные по основным характеристикам и свойствам тормозных жидкостей послужат отправным материалом по их выбору в зависимости от условий работы транспортного средства в различных климатических зонах, что в конечном итоге приведет к повышению надежности в работе автомобилей.

**Таблица 3.3. Характеристики жидкостей
для гидравлических тормозных приводов**

Показатели	«Нева»	«Томь»	«Роса», «Роса-3», «РосаДОТ-4»	БСК
Внешний вид (цвет) при температуре 20 ± 2 °С	Прозрачная однородная жидкость от светло-желтого до темно-желтого цвета без осадка. Допускается слабая опалесценция			Прозрачная однородная, оранжево-красного цвета
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:				
+50 °С, не менее	5,0	5,0	5,0	9,0
+100 °С, не менее	2,0	2,0	2,0	–
–40 °С, не более	1500	1500	1450	2500
Низкотемпературные свойства: внешний вид после выдержки (6 ч, –50 °С)	Прозрачная жидкость без расслоения и осадка			
Время прохождения пузырька воздуха через слой жидкости при опрокидывании сосуда, с, не более	35	35	8	–
Температура кипения, °С, не ниже	195	220	260	115
Температура кипения «увлажненной» жидкости, не менее	138	155	165	110
Содержание примесей, %	Отсутствие			
Концентрация водородных ионов pH	7,0–11,5	7,0–11,5	7,5–9,0	≥ 6
Взаимодействие с металлами: изменение массы пластинок, мг/см ² , не более:				
белая жель	0,1	0,1	0,1	0,2
сталь 10	0,1	0,1	0,1	0,2
алюминиевый сплав Д-16	0,1	0,1	0,1	0,1
чугун СЧ 18	0,1	0,08	0,1	0,2
латунь Л62	0,4	0,1	0,2	0,4
медь М1	0,4	0,2	0,2	0,4
Воздействие на резину, %:				
изменение объема резины марки 7-2462 при 70 °С	2–10	2–10	2–10	5–10
то же, марки 51-1524 при 120 °С	2–8	2–10	2–10	–
изменение предела прочности резины марки 51-1524, %, не более	20	18	25	–

Примечание. Жидкости «Нева», «Томь», «Роса» и ее модификации совместимы, их смешивание между собой возможно в любых соотношениях. Смешивание указанных жидкостей с БСК недопустимо.

3.3. Ассортимент и потребительские свойства тормозных жидкостей

3.3.1. Тормозные жидкости стран СНГ. *Касторовые жидкости* – смесь равных частей касторового масла, получаемого из масляничной культуры клещевины, и спирта с добавкой красителя. Смесь на основе бутилового спирта образует тормозную жидкость БСК (ТУ6-101533-75), а смесь на основе этилового спирта – ЭСК.

Спиртово-касторовые смеси до последнего времени являлись наиболее распространенными. Они обладают хорошими смазывающими и защитными свойствами, негигроскопичны. Недостаток их заключается в потере своих физических свойств при низких температурах: при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ вязкость их сильно возрастает (возможно выпадение кристаллов касторового масла), а при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ эти жидкости застывают. Их нельзя использовать в приводах с дисковыми тормозами, так как жидкость в их рабочих цилиндрах может достигать температуры $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, а иногда и более высокой. Попадание воды в систему приводит к нарушению однородности жидкости и делает ее непригодной к применению.

Применяется в гидравлических приводах тормозов и сцеплений грузовых и легковых автомобилей, кроме автомобилей ВАЗ, до температуры минус $15\text{--}17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Спиртово-касторовые жидкости не совместимы с тормозными жидкостями на гликолевой основе и не соответствуют международным стандартам.

Гликолевые тормозные жидкости изготавливаются на основе различных соединений гликолей. Они удовлетворяют требования по вязкостно-температурным свойствам тормозных жидкостей. Их свойства противоположны свойствам касторовых жидкостей. При удовлетворительных смазывающих свойствах эти жидкости имеют высокую начальную температуру кипения и низкую температуру застывания, однако, будучи гигроскопичными, при насыщении влагой снижают температуру кипения.

Тормозные жидкости на гликолевой основе, как правило, соответствуют требованиям международного стандарта *DOT-3*.

Тормозная жидкость ГТЖ-22М (ТУ 6-01-787-75) состоит из смеси гликолей, воды и антикоррозионной присадки, обладает хорошими низкотемпературными, вязкостно-температурными свойствами и высокой температурой кипения ($190\text{ }^{\circ}\text{C}$). Применяется в качестве

всесезонной во всех климатических зонах, кроме районов Крайнего Севера (температура потери подвижности -60°C).

Тормозная жидкость «Нева» (ТУ 6-01-1163-78) представляет сложную смесь гликолевых эфиров (основа), полигликолей, ингибиторов коррозии и антиокислителя. Работоспособна в температурном интервале от $+50$ до -50°C и применяется в качестве всесезонной во всех климатических зонах, кроме районов Крайнего Севера. Применяется в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей грузовых и легковых автомобилей (выпуска до 1985г.). Срок службы – не более одного года. При увлажнении температура кипения жидкости «Нева» снижается, что увеличивает вероятность образования паровых пробок и повышает коррозионную агрессивность жидкости к металлам.

Тормозная жидкость «Томь» (ТУ 6-01-1276-82) разработана взамен жидкости «Нева». Композиция на основе этилкарбита и борсодержащего полиэфира содержит загущающую и антикоррозионную присадки. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем «Нева», более высокую температуру кипения. Совместима с «Невой» при смешивании в любых соотношениях.

Работоспособна при температуре окружающего воздуха от -40°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Применяют в гидроприводе тормозов и сцеплений всех моделей грузовых и легковых автомобилей, за исключением переднеприводных автомобилей ВАЗ. Срок службы жидкости «Томь» – 2 года. Соответствует мировым стандартам США FMVSS 166 (тип DOT-3).

Тормозные жидкости «Роса», «Роса-3», «Роса DOT-4» (ТУ 2451-004-10488057-94) – высокотемпературные жидкости, представляющие собой композиции на основе борсодержащего полиэфира, содержат антиокислительные и антикоррозионные присадки.

Жидкости «Роса» и «Роса-3» отличаются от жидкости «Роса DOT-4» наличием в составе различных пластификаторов, однако из-за отсутствия сырья эти марки практически не выпускают. Жидкости имеют высокие значения температуры кипения (260°C) и температуры кипения «увлажненной» жидкости (165°C). Работоспособны в диапазоне температур окружающего воздуха от -40°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Применяются в тормозных системах современных грузовых и легковых автомобилей, в том числе переднеприводных автомобилей ВАЗ.

Совместимы с тормозными жидкостями «Томь» и «Нева» в любых соотношениях. Срок службы – 3 года. Соответствует международным стандартам США FMVSS 116 (тип DOT-4).

Нефтяная тормозная жидкость ГТН представляет собой деароматизированные углеводороды типа керосина, загущенные полиизобутиленом. Содержит антиокислительную присадку. Эта жидкость наиболее полно удовлетворяет перечисленным выше эксплуатационно-техническим требованиям.

Жидкости на основе минеральных масел (*ISO-7308*) практически не обладают гигроскопичностью, поэтому температура их кипения (при отсутствии абсорбции влаги) не снижается. Для обеспечения меньшей зависимости вязкости от температуры в тормозную жидкость добавляют специальные присадки.

Однако очень важной особенностью нефтяных жидкостей является то, что ее можно применять только на тех автомобилях, у которых резиновые детали тормозного привода (шланги, манжеты и др.) изготовлены из специальной бензомаслостойкой резины. Заливать жидкость ГТН в гидравлическую тормозную систему до замены резиновых деталей, изготовленных из обычных резин, ни в коем случае нельзя во избежание потери работоспособности тормозной системы вследствие быстрого набухания и разрушения этих деталей.

Напомним, что *гликолевые тормозные жидкости ядовиты*, и при обращении с ними нужно соблюдать такие же меры предосторожности, как и при работе с низкозамерзающей охлаждающей жидкостью.

Очень важно помнить о том, что нельзя смешивать между собой *различные тормозные жидкости*, так как они полностью теряют свои качества и становятся непригодными. Спиртокасторовая и этиленгликолевые жидкости после смешивания и отстоя расслаиваются, образуя два слоя.

Касторовые жидкости при добавлении воды расслаиваются, а этиленгликолевые смешиваются с водой в любой пропорции.

Для автомобилей, эксплуатируемых в районах Крайнего Севера, необходима специальная жидкость, у которой кинематическая вязкость при $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ должна быть не более $1500\text{ мм}^2/\text{с}$. Такая жидкость в России не вырабатывается, поэтому практикуется разбавление жидкостей «Нева» и «Томь» 18–20% (мас. доля) этилового спирта. Такая жидкость работоспособна до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, однако имеет низкую температуру кипения и не обеспечивает герметичности резиновых уплотнений. Поэтому разбавление жидкости спиртом – вынужденная мера, и по окончании зимней эксплуатации такую смесь следует заменить.

3.3.2. Тормозные жидкости иностранных производителей. Эксплуатационные свойства тормозных жидкостей иностранного производства содержатся в разработанных Международным объединением инженеров транспорта (*SAE J 1703*) и Федеральным обществом по безопасности транспортных средств США (*FMVSS 116*) нормативных документах (табл. 3.4).

**Таблица 3.4. Эксплуатационные свойства
тормозных жидкостей иностранного производства**

Наименование показателей	Нормативные документы и тип тормозной жидкости			
	<i>FMVSS 116</i>			<i>SAE J 1703</i>
	<i>DOT-3</i>	<i>DOT-4</i>	<i>DOT-5</i>	
Наименьшая установившаяся температура кипения, °C	205	230	260	205
Наименьшая влажностная температура кипения, °C	140	155	180	140
Вязкость кинематическая при температуре –40 °C, мм ² /с, не более	1500	1800	900	1800
Вязкость кинематическая при температуре +100 °C, мм ² /с, не менее	1,5	1,5	1,5	1,5

Тормозная жидкость Mannol DOT-3 Hydraulic Brake Fluid (SCT, Германия) соответствует требованиям международных стандартов *SAE J 1703*, *FMVSS 116* и предназначена для использования в гидравлических системах с барабанными тормозами.

Жидкость имеет высокую химическую стабильность состава, стойка к образованию осадков и отложений, нейтральна ко всем материалам, применяемым в тормозной системе.

Жидкость Mannol DOT-4 Synthetic (SCT, Германия) на синтетической основе предназначена для любых гидравлических тормозных систем автомобилей.

Жидкость имеет повышенную надежность благодаря высокой температуре кипения, химически нейтральна к деталям тормозной системы, смешивается с тормозными жидкостями на аналогичной основе в соответствии с указаниями фирм-производителей автомобилей. Соответствует требованиям международных стандартов *SAE J 1703*, *ISO 4925*.

Тормозная жидкость Mannol SYPER DOT-4 Synthetic (SCT, Германия) на синтетической основе рекомендуется для гидравлических

тормозных систем и сцеплений автомобилей.

Жидкость имеет высокую температуру кипения, химически нейтральна к деталям тормозной системы. Смешивается с другими полностью синтетическими тормозными жидкостями в соответствии с указаниями заводов-производителей автомобилей.

Жидкость соответствует требованиям международных стандартов *SAE J 1703, ISO 4925*.

Тормозная жидкость JB German Oil Brake Flyid Racing DOT-4 (Германия) с высокими эксплуатационными свойствами широко используется в спортивных и гоночных автомобилях, а также в автомобилях, оснащенных антиблокировочной системой тормозов (АВС).

Температура кипения свежей тормозной жидкости составляет +300 °С, через год эксплуатации автомобиля – не ниже +200 °С. Однако на спортивных и гоночных автомобилях по соображениям безопасности тормозную жидкость заменяют после каждого участия автомобиля в соревнованиях.

Жидкости JB German Oil Brake Flyid Racing DOT-4 и DOT-5.1 (Германия) предназначена для гидравлических приводов тормозных систем автомобилей и мотоциклов.

Жидкости соответствуют требованиям всех производителей автомобилей, включая самые современные типа *DOT-5.1*. Превосходят требования международного стандарта США *FMVSS 116*, международных стандартов *SAE J 1703, ISO 4925*.

Тормозная жидкость StepUp Brake Fluid DOT-3 (США) предназначена для автомобилей с дисковыми и барабанными тормозными механизмами. Она совместима с другими жидкостями типа *DOT-3* и *DOT-4* на гликолевой основе.

Температура кипения свежей жидкости составляет +232 °С, а увлажненной – не менее +140 °С. В своем составе жидкость содержит ингибиторы коррозии, которые предохраняют детали тормозной системы от коррозии.

Жидкость соответствует требованиям международных стандартов *FMVSS 116*, спецификаций *SAE J 1703* и *W-B-680B*.

Тормозная жидкость StepUp Brake Fluid DOT-4 (США) предназначена для автомобилей с дисковыми и барабанными тормозными механизмами. Она совместима с другими жидкостями типа *DOT-4* на гликолевой основе.

Температура кипения свежей жидкости составляет +232 °С, а увлажненной – не менее +155 °С. В своем составе жидкость содержит

ингибиторы коррозии, которые предохраняют детали тормозной системы от коррозии.

Жидкость соответствует требованиям международных стандартов *FMVSS 116*, спецификаций *SAE J 1703* и *W-B-680B*.

Жидкость BP Syper Disk Brake Fluid (BP, Великобритания) изготавливается на синтетической основе и имеет высокую температуру кипения. Предназначена для тормозных систем и гидроприводов сцепления, работающих в интенсивных режимах. Пригодна для всех тормозных механизмов барабанного или дискового типа.

Жидкость не должна использоваться в гидравлических системах, для которых рекомендуется использовать жидкости на минеральной основе.

Жидкость соответствует требованиям международных стандартов *SAE J 1703*, *FMVSS 116* типа *DOT-4*, *NFR 12-640*, *ISO 4925*.

При работе с тормозными жидкостями и их хранении следует выполнять следующие рекомендации:

- смену жидкости производить в сроки, указанные в руководстве эксплуатации автомобиля (обычно раз в 1,5–2 года);
- при замене жидкости использовать только рекомендованные заводом-изготовителем или совместимыми с рекомендованными;
- тормозные жидкости хранить только в герметичной таре;
- тормозные жидкости (кроме БСК) агрессивны к лакокрасочному покрытию автомобилей;
- *тормозные жидкости ядовиты*, поэтому при работе с ними соблюдать меры предосторожности.

4. ЖИДКОСТИ ДЛЯ АМОРТИЗАТОРОВ

4.1. Общие сведения и требования к амортизаторным жидкостям

Для обеспечения гашения колебаний кузова автомобиля устанавливают амортизаторы. Они смягчают толчки и удары, вызываемые неровностями дороги, повышают плавность хода автомобиля. От работы амортизаторов зависит срок службы автомобиля, допустимая скорость движения. Амортизаторная жидкость является «рабочим телом» в гидравлических амортизаторах рычажно-кулачкового и телескопического типов.

Работа амортизатора основана на использовании свойства жидкости ее несжимаемости и способности мгновенной и равномерной передачи нагрузки по всем направлениям.

Условия работы жидкостей в автомобильных амортизаторах и гидравлических приводах существенно различаются. Это не позволяет использовать в них одну и ту же жидкость. В то же время в амортизаторах разных конструкций (телескопических, рычажных и др.) применяют одинаковые жидкости.

В процессе работы жидкости в амортизаторах сильно нагреваются и отдают тепло через корпус в окружающую среду. Температура жидкости зависит от конструкции амортизаторов, дорожных и климатических условий, а также применяемой жидкости. Она должна сохранять подвижность в диапазоне температур от -50°C до $+140^{\circ}\text{C}$.

Давление жидкости в автомобильных амортизаторах может достигать 10 МПа. Жидкость длительное время контактирует с резиновыми деталями и должна быть совместима с резиновыми уплотнениями.

Основным показателем амортизаторных жидкостей является кинематическая вязкость при положительных и отрицательных температурах. При температуре -20°C вязкость не должна превышать $800\text{ мм}^2/\text{с}$. При увеличении вязкости увеличивается жесткость работы амортизаторов, что может привести к блокировке.

Амортизаторные жидкости не должны быть склонны к пенообразованию. Пена увеличивает сжимаемость жидкости. В результате снижается энергоемкость амортизатора и нарушаются условия смазывания пар трения. Причиной пенообразования является проникновение воздуха в амортизаторы и его диспергирование в жидкости в виде мелких пузырьков.

Амортизаторные жидкости представляют собой маловязкие масла, которые должны обладать следующими свойствами: достаточной вязкостью, способной обеспечить подвижность жидкости во всем диапазоне рабочих температур, а также определенным уровнем усилий амортизатора при гашении колебаний кузова; хорошими смазывающими и противокоррозионными свойствами; высокой термоокислительной стабильностью, обеспечивающей долговременную работу.

4.2. Ассортимент и потребительские свойства амортизаторных жидкостей

В гидравлических амортизаторах автомобилей применяют нефтяные маловязкие масла или их смеси (веретенное масло АУ или смесь трансформаторного и турбинного масла в соотношении 1:1). Нефтяная основа содержит, как правило, вязкостную, депрессорную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки.

Выпускают несколько марок амортизаторных жидкостей: АЖ-12Т, ГРЖ-12 и МГП-12 (под торговой маркой «Славол-АЖ»). В таблице приведены показатели амортизаторных жидкостей.

Таблица. Характеристики амортизаторных жидкостей

Показатели	АЖ-12Т	МГП-12 «Славол-АЖ»	ГРЖ-12
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре:			
40 °С, не менее	–	–	16–20
50 °С, не менее	12	12	–
100 °С, не менее	3,6	3,8	3,8
–20 °С, не более	–	800	800
–40 °С, не более	6500	–	–
Температура, °С:			
вспышки, не ниже	165	140	140
застывания, не выше	–52	–50	–50
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	–	917	917
Стабильность против окисления:			
осадок после окисления, %	отсутствует	–	–
Кислотное число до (после) окисления, мг КОН/г, не более	0,04 (0,1)	–	–
Содержание механических примесей и воды, %	–	отсутствует	отсутствует
Испытание на коррозию	выдерживает	выдерживает	выдерживает

Амортизаторная жидкость АЖ-12Т (ГОСТ 23008–78) – смесь нефтяного масла глубокой селективной очистки из сернистого сырья и полиэтилсилоксановой жидкости с противоизносной и антиокислительной присадками. Применяют в качестве рабочей жидкости в амортизаторах грузовых автомобилей и специальной техники. Жидкость устойчиво работает в диапазоне рабочих температур от –50 °С до +90 °С и повышенном давлении. Используется только в конструкциях амортизаторов, детали которых выполнены из маслостойкой резины.

Амортизаторная жидкость МГП-12 («Славол-АЖ») (ТУ 38.301-29-40–97) разработана взамен жидкости МГП-10) (ОСТ 38.1.54–74). Это маловязкая низкозастывающая нефтяная основа, в которую введены депрессорная, диспергирующая, противоизносная, антиокислительная и антипенная присадки. Применяют в качестве рабочей жидкости в телескопических стойках и амортизаторах грузовых и легковых автомобилей.

Амортизаторная жидкость ГРЖ-12 (ТУ 0253-048-05767-924-96) представляет собой смесь очищенных трансформаторного и веретенного дистиллятов, к которой добавлены присадки, улучшающие ее антиокислительные, противоизносные, депрессорные и антипенные свойства. Применяют в амортизаторах и телескопических стойках автомобильной техники.

В заключение рассмотрим некоторые жидкости зарубежных производителей.

Гидравлическая жидкость Mannol hydraulik LHM Fluid (SCT, Германия) изготавливается на минеральной основе. Жидкость обладает высокой стойкостью и индексом вязкости, сохраняет текучесть при температурах окружающей среды до –62 °С. Согласно рекомендациям изготовителя, может использоваться в гидравлических системах автомобилей, усилителях рулевого управления и приводах тормозов, а также в гидропневматических подвесках автомобилей. Наличие специальных добавок в жидкости предотвращает разрушение резиновых уплотнений.

Универсальная гидравлическая жидкость Mannol hydraulic central (SCT, Германия) на минеральной основе специально разработана для использования в любых гидравлических системах, амортизаторах, подвесках, гидравлических усилителях руля и других автомобильных системах, работающих в диапазоне температур от –40 °С до +130 °С. Жидкость соответствует требованиям стандартов VW TL 521 46 и Volvo STD 1273.36 и применяется на автомобилях Audi, BMW, Peugeot, Citroen, Volkswagen и Volvo.

5. ЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

5.1. Общие сведения

Электрическая энергия широко используется в лесных машинах, ее значение для их работы очень велико. Помимо зажигания рабочей смеси (в автомобилях с бензиновыми двигателями), электрическая энергия необходима для пуска двигателя, освещения и сигнализации, а также для приведения в действие контрольно-измерительных приборов и обслуживающих устройств (стеклоочистителя и др.).

В качестве источников электрического тока на машинах используются аккумуляторы и генераторы. Аккумуляторная батарея (АБ) накапливает электрическую энергию, получаемую от генератора, и служит для питания потребителей при неработающем двигателе или работающем с малой частотой вращения коленчатого вала, когда генератор не питает систему, а также при отборе потребителями мощности, превышающей мощность генератора.

На средних и больших числах оборотов вала двигателя питание обеспечивается генератором, и излишек электроэнергии поглощается батареями.

Особенно важным в нагрузочной работе батарей аккумуляторов является пусковой режим, когда в течение короткого отрезка времени (около 5 с) батарея отдает большую величину тока (200–800 А) для стартера, обеспечивающего пуск двигателя, поэтому такие аккумуляторы называют *стартерными*. Работа аккумулятора основана на электрохимических процессах взаимодействия его элементов, и в зависимости от этого аккумуляторы разделяются на кислотные (свинцово-кислотные) и щелочные (железо-никелевые).

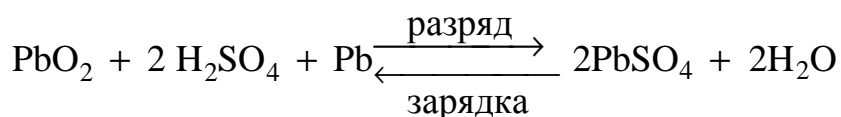
Аккумулятор работает по принципу двойного преобразования энергии: сначала электрическая энергия, получаемая от постороннего источника (генератор, зарядное устройство), преобразуется в химическую (заряд), а затем химическая – в электрическую (разряд). Аккумулятор не является самостоятельным источником электрического тока, а служит в качестве накапливающего и преобразующего устройства.

Свинцовый аккумулятор представляет собой сосуд, заполненный электролитом, в который опущены свинцовые электроды. Компонентами электролита являются кислота серная аккумуляторная

H_2SO_4 (ГОСТ 667–73) и дистиллированная вода. Электроды выполняются в виде пластин, одна из которых изготовлена из губчатого свинца Pb , а вторая – из двуокиси свинца PbO_2 . В результате взаимодействия электролита с электродами на них возникает разность потенциалов.

При подключении к электродам потребителя в аккумуляторе возникает разрядный ток. При этом ионы сернокислотного остатка SO_4 соединяются со свинцом электродов, образуют на них сернокислый свинец PbSO_4 , а ионы водорода соединяются с кислородом, который выделяется на положительной пластине, и образуют воду. Поэтому в процессе разряда аккумулятора электроды покрываются сернокислым свинцом в результате соединения с серной кислотой электролита, который разбавляется водой. Таким образом, при разряде аккумулятора плотность электролита уменьшается, поэтому по плотности электролита можно определить степень заряженности аккумуляторной батареи.

При подводе тока к аккумулятору протекают обратные электрохимические процессы. Ионы водорода, образующиеся в результате распада воды, взаимодействуют с сернокислым свинцом электродов. Водород, соединяясь с сернокислым остатком, образует серную кислоту, а на электродах восстанавливается губчатый свинец. Выделяющийся из воды кислород соединяется со свинцом положительной пластины, образуя перекись свинца, содержание воды в электролите уменьшается, а содержание кислоты увеличивается, в результате чего плотность электролита повышается. Основное уравнение химических реакций имеет вид:



Когда прекращается восстановление свинца на электродах, процесс зарядки аккумулятора заканчивается. У заряженной батареи активная масса положительных пластин составляет перекись свинца PbO_2 (коричневого цвета), а отрицательных – губчатый свинец Pb (серого цвета). При дальнейшем подводе зарядного тока начинается процесс электролиза (распада) воды – аккумулятор «закипает», в результате образуется взрывоопасная смесь газообразного водорода с кислородом.

Основой пластины (положительной и отрицательной) служит свинцовая решетка. Решетки отлиты из свинца с небольшой примесью

сурьмы (5–13 %), что увеличивает прочность пластин. В решетки впрессована пористая активная масса. Она состоит из порошкообразного сурика и свинцового глета, замешанных на растворе серной кислоты. В активной массе положительных пластин в три раза больше сурика, чем глета, и поэтому они имеют красноватый оттенок. Отрицательные пластины содержат больше свинцового глета и имеют серую окраску. После заполнения ячеек решетки активной массой пластины прессуют и просушивают. Для обеспечения прочности активной массы в нее добавляют пропиленовое волокно.

После сушки пластины подвергают электрохимической формовке, т. е. несколькими последовательным циклам заряда-разряда. В результате на положительно заряженных пластинах образуется перекись свинца, а на отрицательно заряженных – губчатый свинец. Изготовленная таким образом пластина – пористая (диаметр пор 2–10 мкм), активная поверхность пластины в 600–800 раз превышает площадь ее поверхности. Пластины имеют форму, близкую к квадратной (ширина 143 мм, высота 119 мм или 135,5 мм), так как в решетке должно обеспечиваться равномерное распределение тока.

Емкость аккумулятора зависит в первую очередь от площади электродов, вступающих в реакцию с электролитом. Поэтому для повышения емкости аккумулятора необходимо увеличить площадь пластин и обеспечить участие в реакции всей массы электродов, а не только их поверхностей. С этой целью для электродов используют пористый материал. Увеличение площади пластин достигается параллельным включением нескольких пластин.

5.2. Приготовление электролита

Для заливки кислотных батарей служит электролит, представляющий собой водный раствор серной аккумуляторной кислоты, доведенный до требуемой плотности разбавлением дистиллированной водой.

В зависимости от содержания примесей аккумуляторная серная кислота согласно ГОСТ 667–73 подразделяется на три сорта: высшего качества, 1-й и 2-й сорт. Во всех сортах содержание кислоты должно быть в пределах 92–94%.

Плотность электролита для аккумуляторной батареи зависит от климатического района, в котором эксплуатируется автомобиль. Зна-

чения норм плотности электролита при температуре +25 °С для различных климатических зон и времен года приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Плотность электролита по климатическим зонам при температуре +25 °С

Климатический район (среднемесячная температура воздуха в январе, °С)	Время года	Плотность заряженной батареи, г/см ³	Степень разряженности батареи, %	
			25	50
Очень холодный (–50...–30)	Зима	1,30	1,26	1,22
	Лето	1,28	1,24	1,20
Холодный (–30...–15)	Круглый год	1,28	1,24	1,20
Умеренный (–15...–8)	Круглый год	1,28	1,24	1,20
Теплый влажный (0...+4)	Круглый год	1,23	1,19	1,15
Жаркий сухой (+4...+15)	Круглый год	1,23	1,19	1,15

Для приготовления электролита концентрированную серную кислоту (например, 93% с плотностью 1,83 г/см³) разбавляют водой до плотности 1,4 г/см³ и уже из этого раствора изготавливают потребную плотность электролита. Кислота заливается в дистиллированную воду тонкой струей при непрерывном помешивании раствора стеклянной или эбонитовой палочкой. Воду в кислоту лить нельзя, так как при разбавлении водой кислота разогревается и вода разбрызгивается вместе с кислотой, что может вызвать ожоги. После приготовления электролита плотностью 1,4 г/см³ его надо остудить до температуры +25 °С, проверить еще раз плотность электролита и после этого приступить к составлению электролита необходимой плотности. Количество серной кислоты и дистиллированной воды, потребных для приготовления электролита плотностью 1,4 г/см³ с последующей доводкой до 1,26 г/см³ или другой плотности, согласно климатической зоны определяется по табл. 5.2, 5.3.

Таблица 5.2. Плотность, концентрация и процентный состав растворов серной кислоты при 20 °С

Концентрация серной кислоты, %	Плотность, г/см ³	Концентрация, г/л	Концентрация серной кислоты, %	Плотность, г/см ³	Концентрация, г/л
1	1,005	10,05	51	1,405	716
2	1,012	20,24	52	1,415	736
3	1,018	30,55	53	1,425	755
4	1,025	41,0	54	1,435	775
5	1,032	51,6	55	1,445	795

Продолжение табл. 5.2

6	1,038	62,3	56	1,456	815
7	1,045	73,2	57	1,466	836
8	1,052	84,2	58	1,477	857
9	1,059	95,3	59	1,488	878
10	1,066	106	60	1,498	899
11	1,073	118	61	1,509	921
12	1,080	130	62	1,520	942
13	1,087	141	63	1,531	965
14	1,095	153	64	1,542	987
15	1,102	165	65	1,553	1009
16	1,109	177	66	1,565	1032
17	1,117	190	67	1,576	1056
18	1,124	202	68	1,587	1079
19	1,132	215	69	1,599	1103
20	1,139	228	70	1,611	1128
21	1,147	241	71	1,622	1152
22	1,155	254	72	1,634	1176
23	1,163	267	73	1,646	1202
24	1,170	281	74	1,657	1226
25	1,178	295	75	1,669	1252
26	1,186	308	76	1,681	1278
27	1,194	322	77	1,693	1304
28	1,202	337	78	1,704	1329
29	1,210	351	79	1,716	1356
30	1,219	366	80	1,727	1382
31	1,227	380	81	1,738	1408
32	1,235	395	82	1,749	1432
33	1,243	410	83	1,759	1460
34	1,252	426	84	1,769	1486
35	1,260	441	85	1,779	1512
36	1,268	457	86	1,787	1537
37	1,277	472	87	1,795	1562
38	1,286	489	88	1,802	1586
39	1,294	505	89	1,809	1610
40	1,303	521	90	1,814	1633
41	1,313	538	91	1,819	1656
42	1,321	555	92	1,824	1678
43	1,329	572	93	1,828	1700
44	1,338	589	94	1,831	1721
45	1,348	606	95	1,833	1741
46	1,357	624	96	1,836	1763
47	1,366	642	97	1,836	1781

Окончание табл. 5.2

48	1,376	660	98	1,836	1799
49	1,385	679	99	1,834	1816
50	1,395	697	100	1,831	1831

Таблица 5.3. Расход 93%-ной серной кислоты плотностью 1,83 г/см³(1,828 г/см³), электролита плотностью 1,4 г/см³ (1,395 г/см³) и дистиллированной воды при 20 °С, необходимых для приготовления 1 л электролита различной плотности

Плотность приготавливаемого электролита при 20 °С, г/см ³	Объем компонентов, необходимых для приготовления 1л электролита, см ³		Объем компонентов, необходимых для приготовления 1л электролита, см ³	
	дистиллированная вода, см ³	электролит плотностью 1,4 г/см ³ при 20–25 °С	дистиллированная вода, см ³	серная кислота плотностью 1,83 г/см ³ 93%-ной концентрации при 20 °С
1,18	577	423	826	174
1,194	538	462	811	189
1,20	516	484	802	198
1,21	496	504	794	206
1,22	475	525	785	215
1,23	455	545	776	224
1,24	412	588	759	241
1,25	389	611	749	251
1,26	368	632	741	259
1,27	344	656	731	269
1,28	323	677	722	278
1,29	275	725	703	297
1,30	253	747	694	306
1,31	228	772	684	316
1,32	206	796	674	326
1,40	–	1000	590	410

Степень разряженности аккумуляторной батареи в эксплуатации проверяют измерением плотности электролита ареометром и сравнивают с данными табл. 5.4. Батарею, разряженную более чем на 25% зимой и более чем на 50% летом, снимают с машины и подзаряжают. Кроме того, понижение плотности электролита повышает температуру замерзания раствора: при плотности электролита 1,30 г/см³ температура замерзания –74 °С; 1,28 г/см³ – (–64) °С; 1,27 г/см³ – (–58) °С; 1,26 г/см³ – (–54) °С; 1,25 г/см³ – (–50) °С; 1,24 г/см³ –

(–42) °C; 1,23 г/см³ – (–36) °C и т. д. (исходная серная кислота имеет плотность 1,84 г/см³ при +15 °C).

Дистиллированная вода готовится перегонкой в дистилляторе, конденсатная часть которого должна быть выполнена из стекла, алюминия или эмалирована. Из этих же материалов или из полихлорвиниловой пластмассы должна быть и посуда для приготовления электролита.

Табл. 5.2, 5.3 позволяют рассчитать потребное количество серной кислоты (93%), электролита (1,40 г/см³) и дистиллированной воды для приготовления электролита любой необходимой плотности.

Так, например, необходимо приготовить 1 л электролита плотностью 1,40 г/см³ из концентрированной серной кислоты (93% плотностью 1,83 г/см³). По табл. 5.2 электролиту плотностью 1,40 г/см³ соответствует концентрация 697 г/л, 1,83 г/см³ – концентрация H₂SO₄ (плотностью 1700 г/л). Затем делим найденную по таблице цифровую величину концентрации изготавливаемого электролита на величину концентрации применяемой H₂SO₄, умножаем на 1000 и получаем необходимый объем в см³ концентрированной H₂SO₄ для составления электролита требуемой плотности, т. е.

$$\frac{697 \cdot 1000}{1700} = 410 \text{ см}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4,$$

а потребное количество дистиллированной воды для составления 1 л электролита

$$1000 - 410 = 590 \text{ см}^3 \text{ H}_2\text{O}.$$

Итак, для изготовления 1 л электролита плотностью 1,40 г/см³ необходимо 410 см³ серной кислоты плотностью 1,83 г/см³ и 590 см³ дистиллированной воды.

Теперь рассмотрим пример, когда необходимо приготовить требуемой плотности электролит из имеющейся какой-либо концентрации H₂SO₄.

Расчет производится таким же образом, как и с концентрированной серной кислотой, только вместо ее цифровой величины используется цифровая величина имеющегося раствора H₂SO₄. Например: имеется раствор H₂SO₄ плотностью 1,40 г/см³, нужно приготовить электролит плотностью 1,26 г/см³.

По табл. 5.2 плотности электролита 1,40 г/см³ соответствует концентрация ее 697 г/л и электролиту 1,26 г/см³ – концентрация 441 г/л. Тогда

$$\frac{441 \cdot 1000}{697} = 633 \text{ см}^3.$$

Необходимое количество дистиллированной воды для 1 л электролита

$$1000 - 633 = 367 \text{ см}^3.$$

Таким образом, для приготовления электролита плотностью 1,26 г/см³ необходимо 633 см³ электролита плотностью 1,40 г/см³ и 367 см³ дистиллированной воды.

Учитывая влияние на расчетные данные округления десятых и сотых долей цифр, возможны колебания плотности получаемого электролита. Поэтому в конце приготовления раствора, не долив 20–30 см³ электролита плотностью 1,40 г/см³ или 10 см³ серной кислоты плотностью 1,83 г/см³, после тщательного перемешивания проверить ареометром (денсиметром) получившуюся плотность электролита и, убедившись в необходимости, добавить оставшееся количество компонента.

Для приведения к исходной расчетной плотности электролита (+25 °С) следует учитывать, что при повышении температуры электролита на 1 °С его плотность уменьшается на 0,0007 г/см³, а при понижении температуры электролита на 1 °С – увеличивается на 0,0007 г/см³.

Температура электролита, заливаемого в аккумулятор, должна быть не выше +25 °С (в жаркой климатической зоне не выше +30 °С) и не ниже +15 °С.

Приготовленный электролит следует оставить на 20–24 ч в закрытом сосуде (серная кислота очень впитывает влагу из окружающего воздуха), чтобы он остыл и на дно выпал осадок.

Во время приготовления электролита необходимо строго выполнять меры безопасности при обслуживании и эксплуатации аккумуляторных батарей. Серная кислота обычно хранится в стеклянных бутылках с притертыми стеклянными пробками. Выливать кислоту нужно только с помощью приспособлений, не допускающих ее проливания. Рядом обязательно должен быть готовый 10%-ный раствор

питьевой соды на случай нейтрализации пролившейся кислоты. При работе с кислотой следует надевать защитные очки, резиновые перчатки, резиновый передник и резиновые сапоги.

В заключение приведем таблицу, данные которой позволяют определить степень разряженности аккумуляторной батареи (табл. 5.4).

Таблица 5.4. Зависимость плотности электролита и напряжения на нагрузочной вилке от степени разряженности батареи

Плотность электролита, г/см ³ , приведенная к 25 °С								
Полностью заряженная батарея	Напряжение на нагрузочной вилке, В	Батарея разряженная на:						
		25%	Напряжение на нагрузочной вилке, В	50%	Напряжение на нагрузочной вилке, В	75%	Напряжение на нагрузочной вилке, В	100%
1,30	1,75–1,80	1,28	1,65–1,70	1,22	1,50–1,60	1,18	1,40–1,50	1,14
1,28		1,24		1,20		1,16		1,12
1,26		1,22		1,18		1,14		1,10
1,24		1,20		1,16		1,12		1,08
1,22		1,18		1,14		1,10		1,06
								1,30–1,40

Приведенные данные по величине напряжения на клеммах аккумуляторной батареи позволяют судить о степени разряженности аккумулятора, что дает возможность принимать меры по ее своевременному техническому обслуживанию.

6. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ ЖИДКОСТЯМИ

Низкозамерзающие жидкости, предназначенные для заполнения системы охлаждения двигателей, представляют собой водный раствор технического этиленгликоля (двухатомного спирта). Жидкости практически негорючи, и использование их не повышает пожарную опасность.

Этиленгликоль ядовитый, поэтому ядовиты и низкозамерзающие жидкости. Даже небольшое количество жидкости, случайно попавшей внутрь организма, может вызвать тяжелое отравление. В организме он быстро всасывается, вызывая внешние признаки, напоминающие опьянение. Прямую угрозу для жизни представляет доза уже в 100 г жидкости. Даже при благоприятном исходе возникают тяжелые поражения почек и нервной системы. Для кожи этиленгликолевая жидкость безвредна.

При применении этиленгликолевых жидкостей нужно соблюдать определенные санитарные правила. В частности, нельзя засасывать ртом жидкость при переливании ее шлангом. Хранение и выдача ее подлежат строгому контролю.

Тормозные жидкости также ядовиты, и при обращении с ними нужно соблюдать такие меры предосторожности, как и при работе с низкозамерзающей жидкостью. Объясняется это тем, что в своем составе (например, жидкость «Нева») они имеют гликолевые эфиры, полигликоли, ингибиторы коррозии и антиокислители; спирто-касторовые жидкости содержат бутиловый спирт (БСК) или амиловый спирт (АСК).

Обслуживающий персонал при работе с серной кислотой и электролитом должен тщательно соблюдать правила техники безопасности и производственной санитарии, так как окислы свинца и пары кислот вредны для здоровья человека. При изготовлении электролита, его заливке в аккумуляторы необходимо пользоваться резиновой обувью, перчатками и фартуком, защитными очками. Все резиновые изделия спецодежды протирают 3-процентным раствором аммиака или 5-процентным раствором соды с последующей промывкой водой.

В помещениях, где проводятся работы с кислотой и электролитом, нельзя хранить и принимать пищу, курить. Перед едой необходимо тщательно полоскать рот и мыть руки. В помещение для приема пищи нельзя входить в спецодежде.

Емкости для хранения серной кислоты, электролита с плотностью $1,4 \text{ г/см}^3$ должны быть снабжены шлангами для переливания. Помещения, в которых производят заливку электролита и зарядку аккумуляторных батарей, должны иметь вентиляцию с 4–5-кратным обменом воздуха в один час. Воздух подводят на высоте 1 м от пола. Отсос воздуха делают выше. Температура подводимого воздуха в холодное время года должна быть $17\text{--}19^\circ\text{C}$. Смесь водорода с воздухом (более 4% водорода) взрывоопасна, поэтому нельзя пользоваться открытым пламенем или производить переключения в электрической цепи под напряжением. Помещение для зарядки и стеллажи оборудуют местной вытяжной вентиляцией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятков К. Б., Синельников А. Ф., Балабанов В. И. Автомобильные топлива, масла и эксплуатационные жидкости: Краткий справочник. – М.: За рулем, 2003. – 176 с.
2. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / И. Г. Анисимов и др.; Под ред. В. М. Школьников. – М.: Издательский центр «Техниформ», 1999. – 596 с.
3. Михайленко А. В. Автомобили и тракторы. Эксплуатационные материалы ведущих фирм мира. – Красноярск, 2000. – 92 с.
4. Багин Ю. И. Справочник по гидроприводу машин лесной промышленности. – М.: Экология, 1993. – 352 с.
5. Хрусталеv Д. А. Аккумуляторы. – М.: Изумруд, 2003. – 220 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Рабочие жидкости для гидравлических систем	4
1.1. Эксплуатационные свойства	4
1.2. Общая характеристика и классификация рабочих жидкостей ..	10
1.3. Выбор и эксплуатация рабочих жидкостей	13
2. Охлаждающие жидкости	16
2.1. Требования к охлаждающим жидкостям для двигателей	16
2.2. Вода – охлаждающая жидкость	17
2.3. Охлаждающие жидкости с низкой температурой замерзания..	27
2.4. Ассортимент низкотемпературных охлаждающих жидкостей ...	33
2.5. Применение низкотемпературных охлаждающих жидкостей.....	35
3. Жидкости для гидравлических приводов тормозных систем	37
3.1. Общие сведения и требования к тормозным жидкостям	37
3.2. Эксплуатационные свойства жидкостей	40
3.3. Ассортимент и потребительские свойства тормозных жидкостей	44
3.3.1. Тормозные жидкости стран СНГ	44
3.3.2. Тормозные жидкости иностранных производителей	47
4. Жидкости для амортизаторов	50
4.1. Общие сведения и требования к амортизаторным жидкостям.	50
4.2. Ассортимент и потребительские свойства амортизаторных жидкостей.....	51
5. Электролиты для кислотных аккумуляторных батарей.....	53
5.1. Общие сведения	53
5.2. Приготовление электролита	55
6. Меры безопасности при работе со специальными техническими жидкостями.....	62
Литература	64

Учебное издание

Мохов Сергей Петрович
Демидов Валерий Алексеевич
Симанович Василий Антонович

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН**

Учебно-методическое пособие

Редактор М. Ф. Мурашко

Подписано в печать 03.11. 2006. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,8 Уч.-изд. л. 4,0.
Тираж 150 экз. Заказ

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.2004.

Таблица 2.7. Характеристики низкотемпературных охлаждающих жидкостей

Наименование показателей	Антифриз			«Тосол»			«Лена»		
	Концентрация	Марки 40	Марки 65	Концентрация АМ	А-40М	А-65М	Концентрация	ОЖ-40	ОЖ-65
Состав, %:									
этиленгликоль	94	52	64	96	58–66	60–64	–	–	–
вода	5	47	35	3	34	35	–	–	–
присадки (сверх 100%)	6–8	3,5–4,5	4,0–4,5	6–7	3–3,5	3,5–4,0	–	–	–
Внешний вид жидкости	Слабомутная, бесцветная или желтоватая	Слабомутная, желтоватая	Слабомутная, оранжевая	Голубая, без механических примесей		Красная, без механических примесей	Желто-зеленая, без механических примесей		
Плотность при 20 °С, г/см ³ , не более	1,100–1,116	1,067–1,072	1,085–1,090	1,120–1,140	1,078–1,085	1,085–1,095	1,120–1,150	1,075–1,085	1,085–1,095
Температура замерзания, °С, не выше	–11,5	–40	–65	–11,5	–40	–65	–35	–40	–65
Температура кипения, °С	–	+100	+100	+170	+108	+115	+160	+100	+100
Вязкость кинематическая, мм ² /с при температуре:									
–30 °С	–	58	100	–	56,5	96,3	–	–	–
–20 °С	–	4,4	5,2	–	4,3	6,2	–	–	–
+50 °С	–	1,9	2,2	–	1,9	2,5	–	–	–